

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

# TERAZ BIOLOGIA

edycja 2013

# 2

terazwiedza





# Teraz Biologia 2

---

## Gimnazjum

- Królestwo roślin • Czynności życiowe roślin
- Królestwo zwierząt • Czynności życiowe zwierząt

EDYCJA 2013

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

Jan Prokop

Jacek Balerstet

Teresa Borowska

© Copyright by

**terazwiedza**

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, rozpowszechnianie lub odsprzedawanie poniższej publikacji w części lub w całości w jakiegokolwiek formie bez wyraźnej pisemnej zgody Wydawcy jest zabronione. Publikacja przeznaczona jest tylko do użytku prywatnego.

Copyright

© Waldemar Lewiński 2013

© Jan Prokop 2013

© Jacek Balerstet 2013

© Teresa Borowska 2013

Menadżer projektu i redaktor prowadzący – Dagmara Lewińska

Opracowanie graficzne projektu – Damian Lewiński

Grafiki – Jacek Balerstet, Damian Lewiński

Projekt okładki – Damian Lewiński

Redakcja techniczna – zespół

© Copyright by Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c. 2013

ISBN - 978-83-62757-01-5

Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c.

D. Lewińska, D. Lewiński, W. Lewiński

ul. Modrzewiowa 21

84-200 Kapino

e-mail: kontakt@terazwiedza.pl

[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)



# Teraz Biologia Gimnazjum

**Teraz Biologia Gimnazjum** to seria 5 nowoczesnych e-booków przygotowanych przez doświadczony zespół autorów podręczników szkolnych zgodnie z najnowszymi standardami wymagań MEN. Dołożyliśmy wszelkich starań, aby informacje zawarte w e-bookach były napisane w sposób prosty i zrozumiały dla każdego ucznia. Łatwość i komfort uczenia się wspierają setki grafik, zdjęć i schematów. Ponadto każdy rozdział kończy się podsumowaniem, kompletem poleceń kontrolnych oraz zestawem ważnych pojęć do zapamiętania.

E-booki Teraz Biologia Gimnazjum można czytać offline na tablecie, laptopie, czytniku e-booków, a nawet smartfonie.



Zachęcamy również do zapoznania się z naszym multiplatformowym systemem nauczania biologii online, który można znaleźć na stronie [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl). W systemie zawarliśmy nie tylko treść e-booków, ale także liczne materiały filmowe, analizę szkolnych doświadczeń, interaktywne testy i możliwość współpracy z innymi użytkownikami. Nauczanie online jest nie tylko skuteczne, ale także bardzo wygodne – dostęp do materiałów non-stop, na wszystkich urządzeniach, bieżąca informacja o postępach w nauce, itp.

# System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



filmy



animacje



testy interaktywne.



[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)

Sprawdź już teraz!

## Spis treści

### V. Królestwo roślin

#### 1. Mszaki - najprostsze organowce

##### 1.1. Wstęp

##### 1.2. Budowa mchu płonnika

##### 1.3. Przegląd i znaczenie

##### 1.4. Podsumowanie

#### 2. Organy wegetatywne roślin naczyniowych

##### 2.1. Wstęp

##### 2.2. Korzeń

##### 2.3. Modyfikacje korzeni

##### 2.4. Łodyga

##### 2.5. Modyfikacje łodygi

##### 2.6. Liście

##### 2.7. Modyfikacje liści

##### 2.8. Podsumowanie

#### 3. Paprotniki - pierwsze rośliny naczyniowe

##### 3.1. Cechy grupy

##### 3.2. Budowa i znaczenie

##### 3.3. Porównanie paprotników z mszakami

##### 3.4. Podsumowanie

#### 4. Rośliny nagonasienne (nagozależkowe)

##### 4.1. Cechy grupy

##### 4.2. Budowa i przegląd systematyczny

##### 4.3. Porównanie z paprotnikami

##### 4.4. Podsumowanie

#### 5. Rośliny okrytonasienne (okrytozależkowe)

##### 5.1. Cechy grupy i zasadniczy podział

##### 5.2. Kwiaty i owoce

[5.3. Formy życiowe](#)

[5.4. Porównanie okrytonasiennych z nagonasiennymi](#)

[5.5. Znaczenie okrytonasiennych](#)

[5.6. Podsumowanie](#)

[6. Panel kontrolny Rozdziału V](#)

[6.1. Polecenia kontrolne](#)

[6.2. Ważne pojęcia](#)

[VI. Czynności życiowe roślin](#)

[1. Fotosynteza i daleki transport substancji](#)

[1.1. Substraty fotosyntezy](#)

[1.2. Pobieranie dwutlenku węgla i wody](#)

[1.3. Przebieg fotosyntezy i produkty](#)

[1.4. Porównanie fotosyntezy i oddychania tlenowego](#)

[1.5. Podsumowanie](#)

[2. Ruchy roślin](#)

[2.1. Wstęp](#)

[2.2. Tropizmy](#)

[2.3. Nastie](#)

[2.4. Podsumowanie](#)

[3. Rozmnażanie się roślin](#)

[3.1. Przemiana pokoleń](#)

[3.2. Rozwój rośliny](#)

[3.3. Cykle rozwojowe roślin zarodnikowych](#)

[3.4. Cykle rozwojowe roślin nasiennych](#)

[3.5. Porównanie cykli rozwojowych roślin](#)

[3.6. Podsumowanie](#)

[4. Panel kontrolny Rozdziału VI](#)

[4.1. Polecenia kontrolne](#)

[4.2. Ważne pojęcia](#)



## VII. Królestwo zwierząt

### 1. Gąbki i parzydełkowce - zwierzęta o najprostszej budowie

#### 1.1. Wstęp

#### 1.2. Gąbki

#### 1.3. Parzydełkowce

#### 1.4. Parzydełkowce - budowa

#### 1.5. Rafy koralowe

#### 1.6. Podsumowanie

### 2. Płazińce - zwierzęta o ciele silnie spłaszczonym grzbietobrzusznie

#### 2.1. Cechy grupy

#### 2.2. Budowa

#### 2.3. Płazińce pasożytnicze

#### 2.4. Podsumowanie

### 3. Nicienie - tryumf prostoty

#### 3.1. Cechy grupy

#### 3.2. Pasożytnictwo

#### 3.3. Podsumowanie

### 4. Pierścienice - zwierzęta o ciele podzielonym na segmenty

#### 4.1. Cechy grupy

#### 4.2. Budowa anatomiczna

#### 4.3. Znaczenie pierścienic

#### 4.4. Porównanie pierścienic z nicieniami

#### 4.5. Podsumowanie

### 5. Stawonogi - zwierzęta, które mają stawowe odnóża

#### 5.1. Cechy grupy - budowa

#### 5.2. Wzrost i rozwój

#### 5.3. Przegląd stawonogów

#### 5.4. Znaczenie stawonogów

#### 5.5. Podsumowanie

## 6. Mięczaki - zwierzęta o ciele miękkim, niesegmentowanym

### 6.1. Cechy grupy

### 6.2. Sposób życia mięczaków

### 6.3. Przegląd mięczaków

### 6.4. Znaczenie mięczaków

### 6.5. Podsumowanie

## 7. Panel kontrolny Rozdziału VII

### 7.1. Polecenia kontrolne

### 7.2. Ważne pojęcia

## 8. Ryby - kręgowce pierwotnie wodne

### 8.1. Cechy grupy

### 8.2. Przegląd ryb

### 8.3. Znaczenie ryb

### 8.4. Podsumowanie

## 9. Płazy - kręgowce wodno-lądowe

### 9.1. Cechy grupy

### 9.2. Budowa i tryb życia płazów

### 9.3. Przystosowania płazów do życia na lądzie

### 9.4. Przegląd i znaczenie płazów

### 9.5. Podsumowanie

## 10. Gady - pierwsze owodniowce

### 10.1. Cechy grupy

### 10.2. Przegląd grup gadów

### 10.3. Znaczenie gadów

### 10.4. Porównanie gadów z płazami

### 10.5. Podsumowanie

## 11. Ptaki - kręgowce aktywnie latające

### 11.1. Cechy grupy

### 11.2. Przystosowania ptaków do lotu

[11.3. Przegląd i znaczenie ptaków](#)

[11.4. Podsumowanie](#)

[12. Ssaki - najbardziej wszechstronne kręgowce](#)

[12.1. Cechy grupy](#)

[12.2. Budowa](#)

[12.3. Porównanie ssaków z gadami](#)

[12.4. Przegląd i znaczenie ssaków](#)

[12.5. Podsumowanie](#)

[13. Panel kontrolny Rozdziału VII](#)

[13.1. Polecenia kontrolne](#)

[13.2. Ważne pojęcia](#)

[VIII. Czynności życiowe zwierząt](#)

[1. Odżywianie się zwierząt](#)

[1.1. Składniki pożywienia](#)

[1.2. Typy układu pokarmowego](#)

[1.3. Odżywianie się](#)

[1.4. Odżywianie się bezkręgowców](#)

[1.5. Odżywianie się kręgowców](#)

[1.6. Podsumowanie](#)

[2. Wymiana gazowa zwierząt](#)

[2.1. Warunki wymiany gazowej](#)

[2.2. Zwierzęta wodne](#)

[2.3. Bezkęrowce lądowe](#)

[2.4. Kręgowce wodno-lądowe](#)

[2.5. Kręgowce lądowe](#)

[2.6. Ptaki - podwójne oddychanie](#)

[2.7. Podsumowanie](#)

[3. Daleki transport substancji u zwierząt](#)

[3.1. Wstęp](#)

[3.2. Rodzaje układu krążenia](#)

[3.3. Układy krążenia bezkręgowców](#)

[3.4. Układy krążenia kręgowców](#)

[3.5. Podsumowanie](#)

[4. Ruch w świecie zwierząt](#)

[4.1. Wstęp](#)

[4.2. Strategie poruszania się i środowisko życia](#)

[4.3. Układ ruchu bezkręgowców](#)

[4.4. Układ ruchu kręgowców](#)

[4.5. Podsumowanie](#)

[5. Reagowanie zwierząt na bodźce](#)

[5.1. Wstęp](#)

[5.2. Układ nerwowy bezkręgowców](#)

[5.3. Układ nerwowy kręgowców](#)

[5.4. Podsumowanie](#)

[6. Rozmnażanie się zwierząt](#)

[6.1. Rozmnażanie bezpłciowe i płciowe](#)

[6.2. Rozwój zarodkowy](#)

[6.3. Rozwój złożony i prosty](#)

[6.4. Cykle rozwojowe bezkręgowców](#)

[6.5. Cykle rozwojowe kręgowców](#)

[6.6. Podsumowanie](#)

[7. Panel kontrolny Rozdziału VIII](#)

[7.1. Polecenia kontrolne](#)

[7.2. Ważne pojęcia](#)

## V. Królestwo roślin





# 1. Mszaki - najprostsze organowce

## 1.1. Wstęp

**Mszaki** występują na całej kuli ziemskiej. Rosną wszędzie tam, gdzie w środowisku jest dużo wilgoci.

Od pozostałych roślin różnią się przede wszystkim **prostsza budową** oraz **przemianą pokoleń** (u mszaków pokoleniem dominującym jest gametofit). Należą do **roślin zarodnikowych**, czyli takich które rozmnażają się bezpłciowo za pomocą zarodników.

### Ważne!

O przemianie pokoleń mówimy, gdy w cyklu życiowym organizmu występują na przemian dwa pokolenia: jedno rozmnażające się płciowo i drugie, rozmnażające się bezpłciowo. W przypadku roślin, a więc także mszaków, pokoleniem rozmnażającym się płciowo jest **gametofit**, pokoleniem rozmnażającym się bezpłciowo - **sporofit**.

Więcej informacji o przemianie pokoleń u roślin znajdziesz w rozdziale VI. Czynności życiowe roślin.

Mszaki nazywamy umownie **prymitywnymi organowcami**, ponieważ nie wytwarzają właściwych organów wegetatywnych: korzenia, łodygi i liści. Ich odpowiednikami są **chwytniki, łodyżka i listki**.

Do mszaków należą **mchy i wątrobowce**.

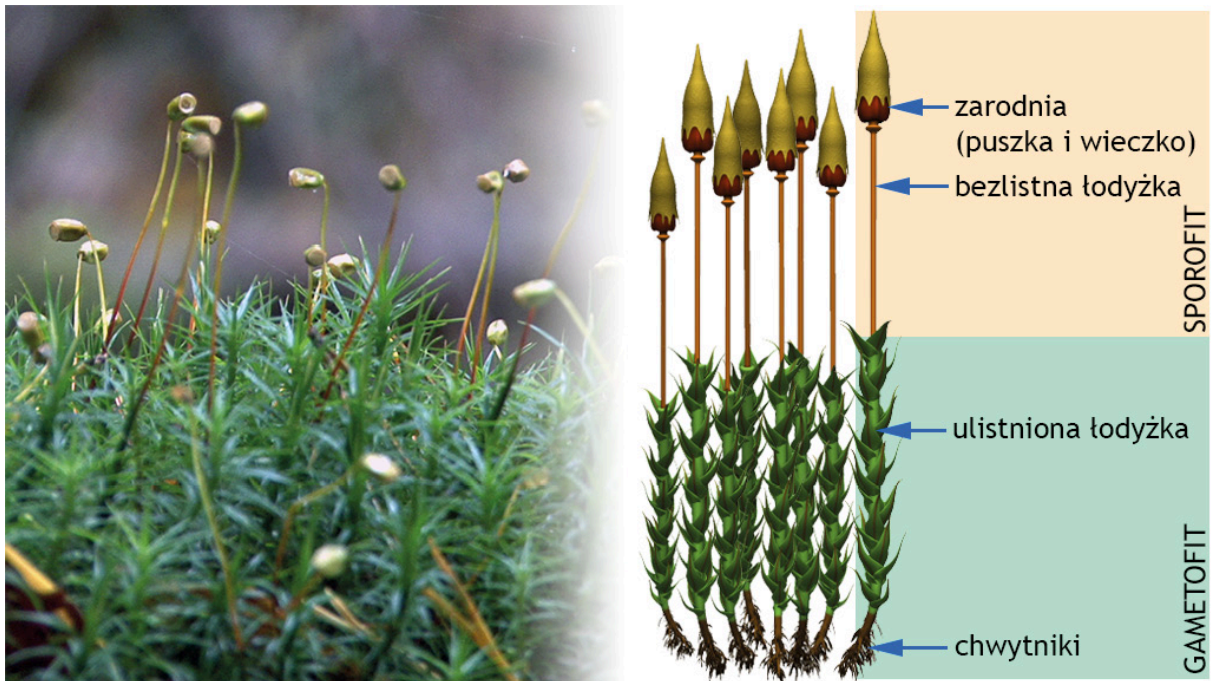


Gęste darnie mszaków gromadzą wodę deszczową jak gąbka (to zdjęcie wykonano w arktycznej tundrze)

## 1.2. Budowa mchu płonnika

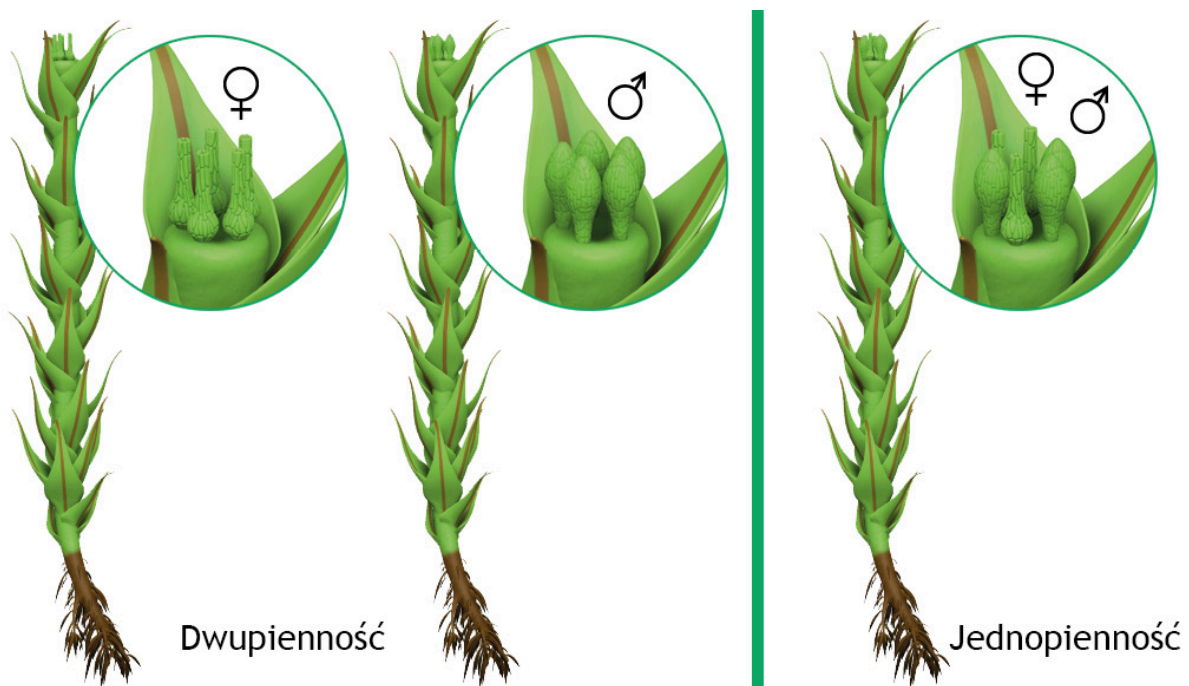
Budowę mszaków prześledzimy na przykładzie **mchu płonnika**. Płonnik jest pospolitym składnikiem naszych lasów. Zwykle wraz z innymi mchami tworzy tam charakterystyczną warstwę mszystą. Jego ciało składa się z zielonej, gęsto **ulistnionej łodyżki** z **chwytnikami** oraz **bezlistnej łodyżki** z **zarodnią**. Ulistnioną łodyżkę płonnika od zewnątrz chroni tkanka okrywająca. Pod nią znajduje się niewyspecjalizowany miękisz, którego komórki mają chloroplasty. Centralną część łodyżki zajmują żywe komórki transportujące produkty fotosyntezy oraz martwe komórki transportujące wodę. Komórki przewodzące płonnika mają znacznie prostszą budowę niż komórki łyka i drewna roślin naczyniowych.

Z łodyżki płonnika wyrastają delikatne **listki**. Na powierzchni listków znajdują się liczne „słupki” komórek z chloroplastami. Zadaniem tych słupków jest przeprowadzanie fotosyntezy, ale także gromadzenie wody. Nitkowate **chwytniki** mocują łodyżkę do podłoża, ale nie służą do pobierania wody. Zielona, ulistniona łodyżka z chwytnikami jest gametofitem. W szczytowej części gametofitu powstają organy rozrodcze – **rodnie** lub **plemnie**. W nich powstają komórki rozrodcze.



### Budowa zewnętrzna płonnika (pospolitego przedstawiciela mchów)

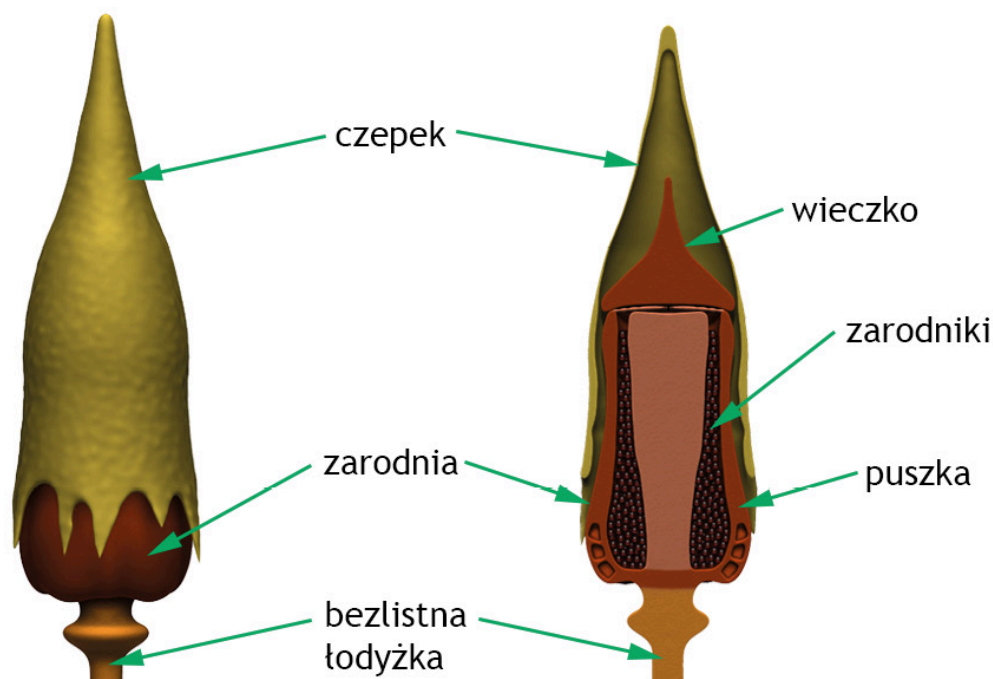
Mech płonnik jest **gatunkiem dwupiennym** (rodnie występują na jednych osobnikach, plemnie na innych). Wiele mszaków to **rośliny jednopienne** (rodnie i plemnie wyrastają na jednym osobniku).



**Bezlistna łodyżka** płonnika zakończona jest zarodnią. Zarodnia składa się



z **puszki** i **wieczka**. W puszcze powstają liczne, drobne zarodniki. Bezlistna łodyżka wraz z zarodnią to sporofit. Sporofit mszaków nie przeprowadza fotosyntezy (jego komórki nie mają chloroplastów i chlorofilu). Jest całkowicie zależny od gametofitu, z którego czerpie substancje odżywcze. Zauważ, że sporofit płonnika nie jest samodzielną rośliną - wyrasta na gametoficie. Między innymi dlatego mówimy, że u mszaków gametofit jest pokoleniem dominującym.



Budowa zarodni mchu płonnika

### 1.3. Przegląd i znaczenie

Do mchów należy opisany już płonnik, a także **torfowce**, które tworzą bardzo gęste darnie i całe **torfowiska**. Listki torfowców mają zdolność gromadzenia dużych ilości wody. Torfowce cały czas dość szybko rosną, jednocześnie jednak dolna część ich łodyżki obumiera. W warunkach utrudnionego dostępu tlenu z obumarłych części torfowców i innych roślin torfowisk powstają pokłady torfu. Jest to proces powolny, trwający tysiące lat.



Mech torfowiec

Niewielką, ale ciekawą grupą mszaków są **wątrobowce**. Gametofit wątrobowców jest plechowaty i wyglądem nieco przypomina wątrobę (stąd nazwa grupy), ma jednak budowę tkankową. Do podłoża gametofit przytwierdzony jest chwytnikami. Przykładami wątrobowców są: porostnica wielokształtna oraz stożka ostrokężna.





### Stożka ostrokrężna

Mszaki mają skromne wymagania życiowe. Zasiedlają przede wszystkim wilgotne siedliska leśne, licznie rosną także w tundrze, w dżungli i w wysokich górach. Są **roślinami pionierskimi**, dość wrażliwymi na zanieczyszczenia środowiska.

#### **Znaczenie mszaków w przyrodzie i gospodarce człowieka:**

- odgrywają ogromną rolę w bilansie wodnym biocenoz leśnych i torfowisk (darnie mszaków gromadzą wodę niczym gigantyczne gąbki; wiosną zmniejsza to zagrożenie powodziowe, latem – zagrożenie suszą);
- są roślinami pionierskimi, zasiedlają także nieużytki;
- warstwa mszysta w lasach tworzy warunki do rozwoju licznych roślin naczyniowych oraz grzybów;
- z rozdrobnionego torfu wytwarzana jest tak zwana borowina używana do okładów i kąpiei leczniczych, szczególnie w niektórych chorobach układu ruchu;
- jeszcze niedawno torf używany był do celów opałowych;
- dla części rolników mszaki stanowią niedogodność – zarastają wilgotne łąki i pastwiska, powodując ich szybkie zabagnienie (podobny kłopot mają ogrodnicy z trawnikami w ogrodach i parkach).



Eksploatacja pokładu torfu

**Uwaga:** Wybieranie torfu niszczy torfowiska!

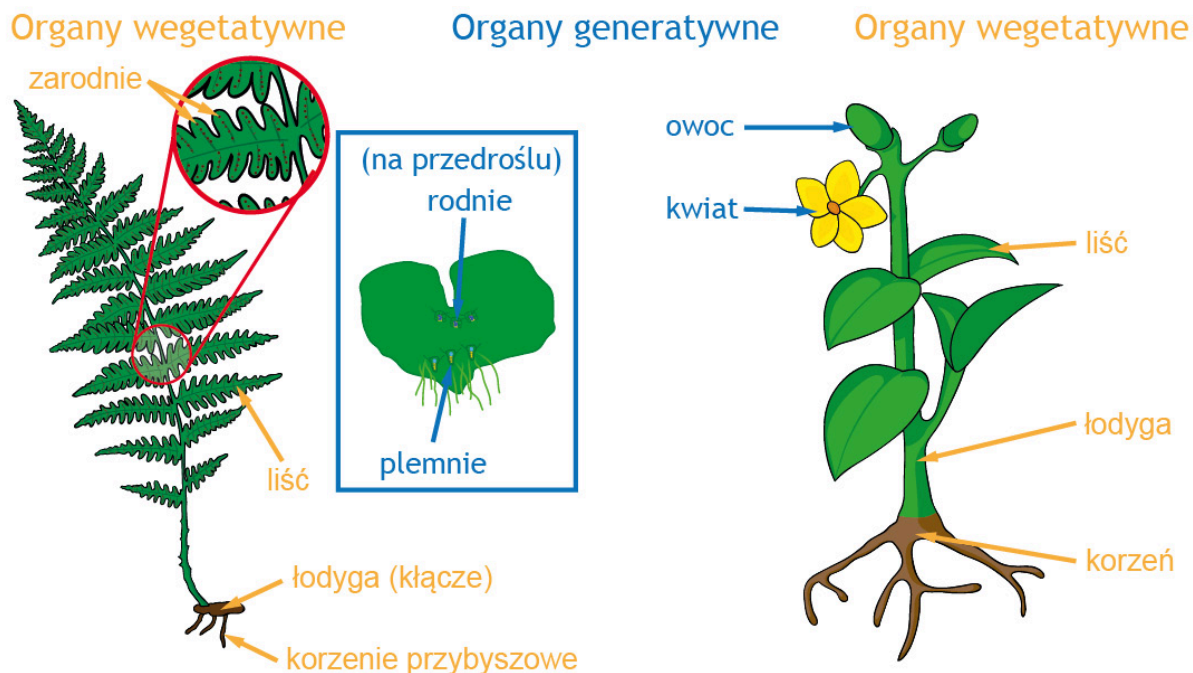
## 1.4. Podsumowanie

1. Mszaki są jedyną grupą roślin lądowych, w której gametofit dominuje nad sporofitem.
2. Gametofity mszaków mają formę ulistnionych łodyżek z plemniami (wytwarzają opatrzone wiciami plemniki) i rodniami (wytwarzają nieruchome komórki jajowe). Po zapłodnieniu z zygoty rozwija się sporofit – bezlistna łodyżka z zarodnią.
3. Sporofit mszaków czerpie substancje odżywcze z samożywczego gametofitu.

## 2. Organy wegetatywne roślin naczyniowych

### 2.1. Wstęp

Paprotniki oraz rośliny nagonasienne i okrytonasienne mają w pełni wykształconą tkankę przewodzącą, nazywamy je więc **roślinami naczyniowymi** (od naczyń – elementów drewna). Rośliny naczyniowe wytwarzają **organy wegetatywne** i **organy generatywne** o złożonej budowie.



#### Organy roślin naczyniowych

Organami wegetatywnymi są **liście**, **korzenie** i **łodygi**. Umożliwiają odżywianie się (fotosyntezę), pobieranie wody z solami mineralnymi oraz transport substancji. U części roślin przekształcone organy wegetatywne służą do rozmnażania wegetatywnego.

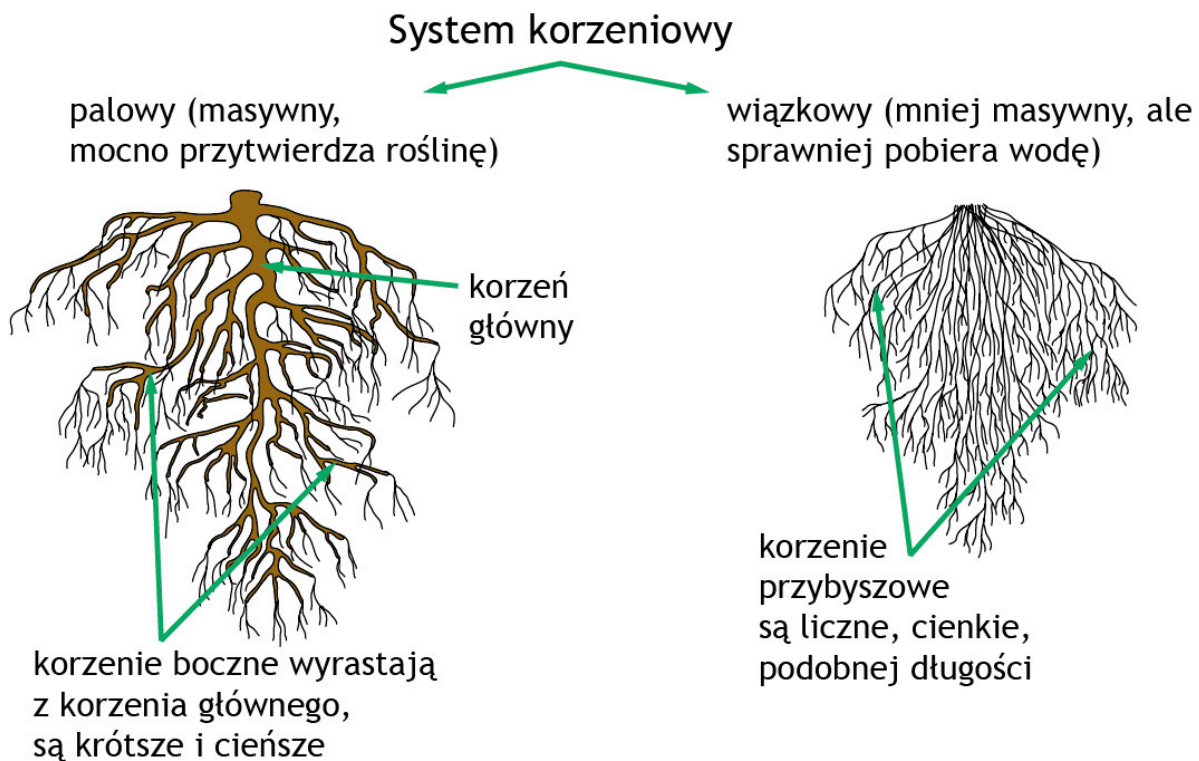
Organami generatywnymi paprotników są **rodnie** i **plemnie** rozwijające się na gametoficie (przedroślu). Organami generatywnymi roślin nasiennych są **kwiaty** oraz **owoce**. W kwiatach powstają komórki rozrodcze. Kwiaty mają złożoną budowę i są częścią sporofitu. Kwiaty uniezależniły rozmnażanie płciowe roślin nasiennych od obecności wody. Organem przetrwalnym, służącym roślinom nasennym również do rozprzestrzeniania się, są **nasiona**. Nasiona roślin okrytonasiennych

znajdują się w owocach. Paprotniki nie wytwarzają kwiatów, nasion i owoców. Są roślinami zarodnikowymi.

## 2.2. Korzeń

**Korzeń** jest organem podziemnym, który przytwierdza roślinę do podłoża i umożliwia pobieranie wody oraz soli mineralnych. Rośliny mają dwojaki rodzaj systemy korzeniowe: palowy i wiązkowy. **System korzeniowy palowy** tworzą: korzeń główny (zazwyczaj rośnie pionowo) i odchodzące od niego korzenie boczne. Taki system mają drzewa i krzewy oraz liczne rośliny zielne, na przykład fasola, mniszek. **System korzeniowy wiązkowy** tworzą liczne korzenie podobnej długości i grubości. Taki system korzeniowy mają na przykład trawy.

W budowie zewnętrznej korzenia wyróżnić można tak zwane **strefy**: korzeni bocznych, włośnikową, wydłużania oraz okryty czapeczką stożek wzrostu.



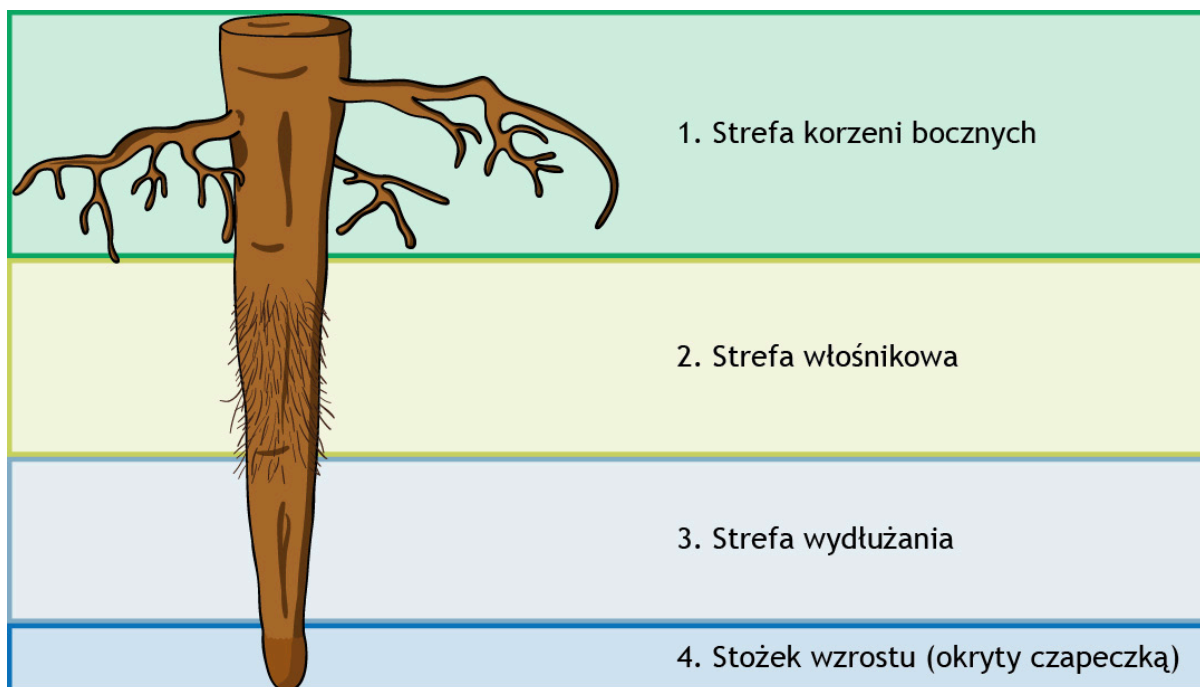
### Systemy korzeniowe

Jak sama nazwa wskazuje, w **strefie korzeni bocznych** rozwijają się korzenie boczne, które utrzymują roślinę w podłożu. W **strefie**



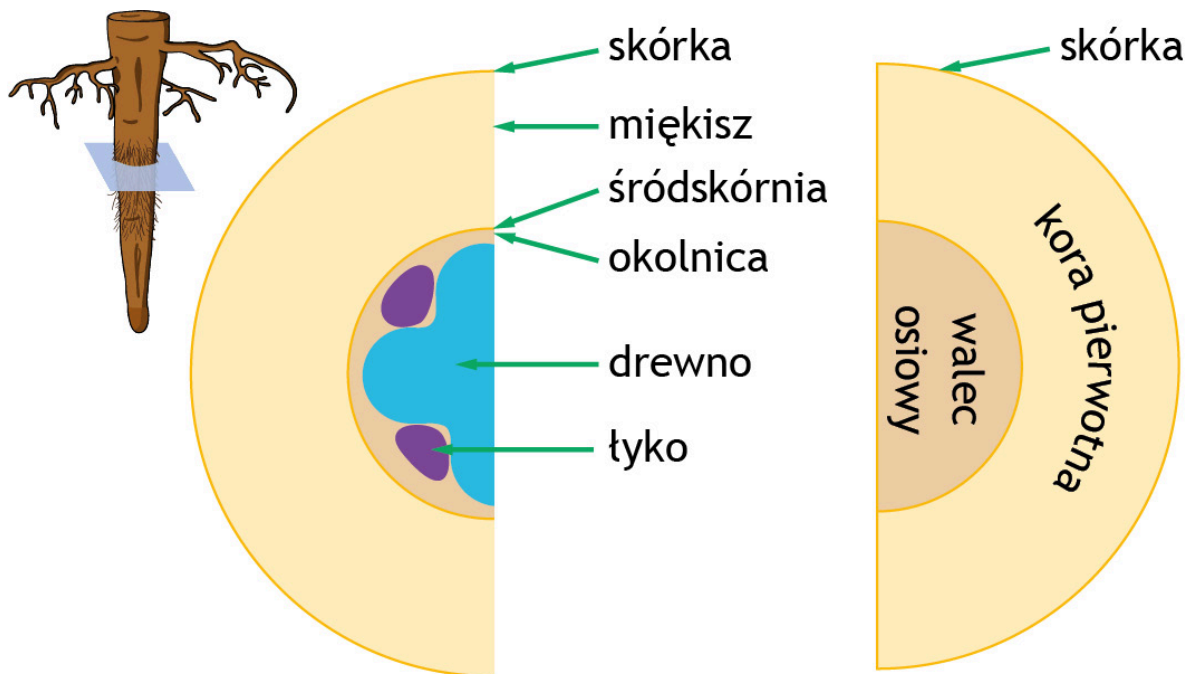
**włośnikowej** komórki skórki mają włosniki – wypustki zwiększające powierzchnię chłonną korzenia. Komórki **strefy wydłużania** intensywnie rosną na długość. Powoduje to szybkie wydłużanie się korzenia w tej strefie. Komórki **stożka wzrostu korzenia** intensywnie się dzielą, powodując wzrost korzenia w głąb podłoża. **Czapeczka korzeniowa** ochrania stożek wzrostu. Komórki czapeczki stopniowo się złuszczają, umożliwiając rosnącemu korzeniowi przeciskanie się między grudkami gleby.

Proces różnicowania komórek korzenia rozpoczyna się w strefie wydłużania i nasila w strefie włosnikowej. W tych częściach korzenia komórki rosną, zmieniają kształt oraz skład chemiczny ściany komórkowej. W ten sposób powstają komórki tkanek stałych.



#### Budowa zewnętrzna korzenia palowego

Tkanki w korzeniu tworzą charakterystyczne warstwy. Od zewnątrz korzeń okrywa skórka. Pod nią znajduje się gruba warstwa kory pierwotnej. Najgłębszą warstwą korzenia jest tak zwany walec osiowy.

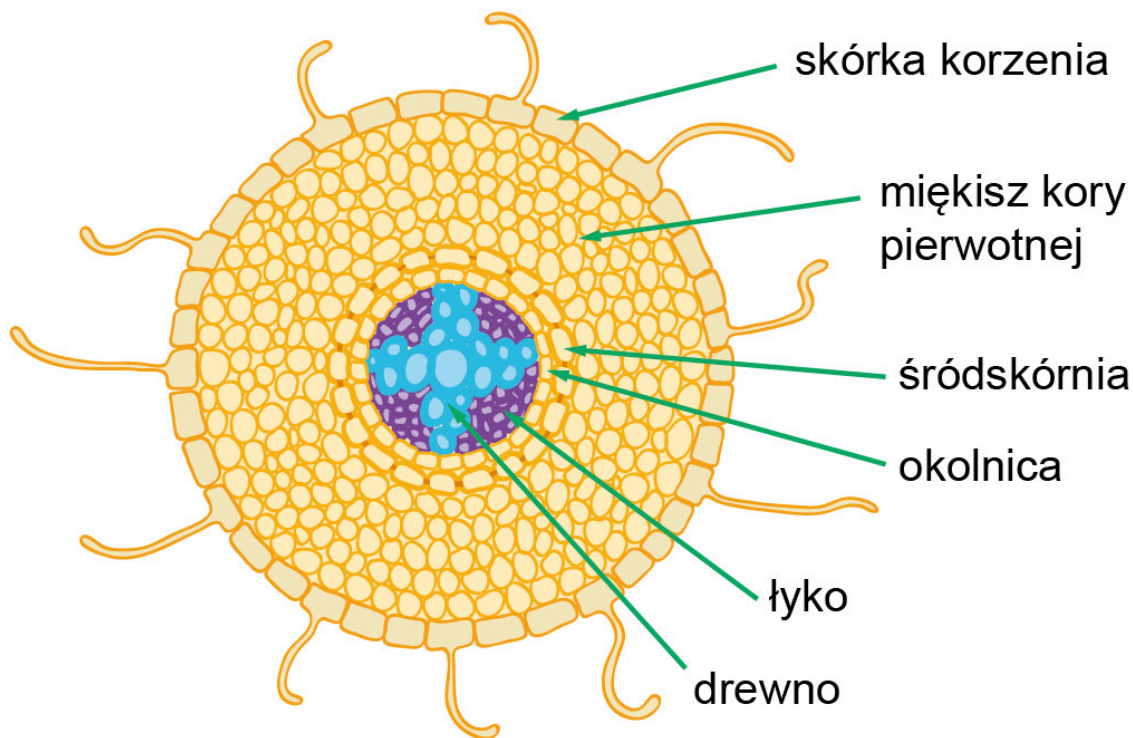


#### Budowa anatomiczna korzenia - warstwy

Komórki **skórki** młodych korzeni mają cienką ścianę komórkową. W strefie włośnikowej komórki skórki wytwarzają wspomniane już włośniki. W rosnącym korzeniu zniszczone włośniki nieustannie zastępowane są przez nowe.

**Korę pierwotną** tworzą okrągłe komórki miękiszu zasadniczego. Między nimi znajdują się dość duże przestwory międzykomórkowe. Najbardziej wewnętrzną warstwą kory pierwotnej jest **śródskórnia**. Jej komórki mają pogrubione ściany komórkowe. Śródskórnia reguluje przepływ wody z kory pierwotnej do walca osiowego.

W skład **walca osiowego** wchodzi drewno, łyko oraz miękisz zasadniczy. Drewno i łyko często tworzą charakterystyczny wzór, w którym elementy są ułożone naprzemiennie. Najbardziej zewnętrzny pierścień komórek miękiszowych walca osiowego to **okolnica**. Komórki okolnicy mogą się dzielić, dając początek korzeniom bocznym.



Budowa anatomiczna korzenia

### 2.3. Modyfikacje korzeni

Korzenie roślin często mają zmodyfikowaną budowę i pełnią dodatkowe funkcje. Wyróżniamy między innymi korzenie spichrzowe, czepne, podporowe, powietrzne, oddechowe, ssawkowe, a nawet kurczliwe.

**Korzenie spichrzowe** ma wiele roślin dwuletnich i bylin. Korzeń spichrzowy jest zgrubiały - ma dużo miększy który, gromadzi materiały zapasowe. Zgromadzone zapasy roślina wykorzystuje wiosną następnego roku. **Korzenie czepne** są korzeniami przybyszowymi. Wyrastają z łodygi od strony oparcia i owijają się na przykład wokół drzewa lub wrastają w szczeliny skały. **Korzenie podporowe** także są korzeniami przybyszowymi. Wyrastają z łodygi na pewnej wysokości i rosną ukośnie lub pionowo w dół. Pomagają utrzymać pionowo roślinę rosnącą w grząskim, niestabilnym podłożu.



Modyfikacje korzeni: korzenie spichrzowe dalii (takie korzenie ma także marchew, burak, rzepa, mandragora)

**Korzenie powietrzne** rozwinęły się u licznych epifitów. Są długie, dość delikatne i zwisają w dół. Porowata skórka tych korzeni wychwytuje wilgoć z powietrza lub gromadzi wodę deszczową. **Korzenie oddechowe** mają niektóre rośliny rosnące na terenach bagiennych. Takie korzenie umożliwiają pobieranie powietrza i dostarczanie go do zanurzonych części rośliny.





Modyfikacje korzeni: korzenie oddechowe cyprysnika błotnego

**Korzenie ssawkowe** mają rośliny będące pasożytami i półpasożytami. Ssawki wrastają w tkanki żywiciela i pobierają z nich wodę z solami mineralnymi lub substancje odżywcze.



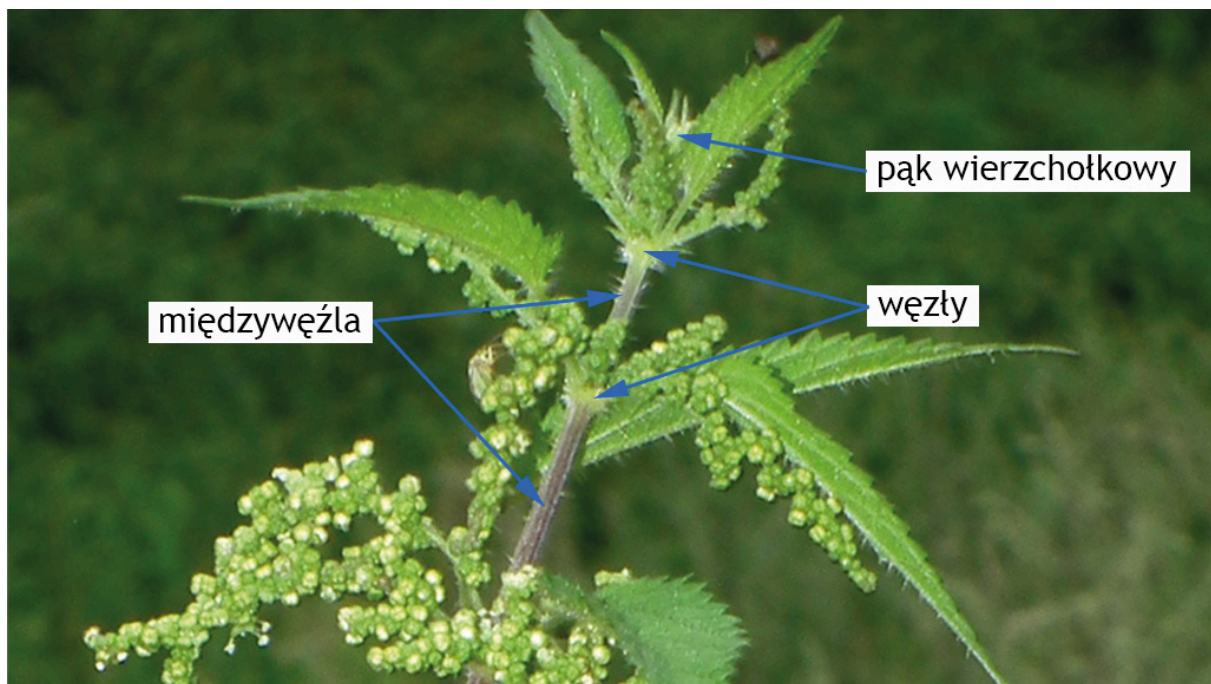
Modyfikacje korzeni: korzenie ssawkowe jemioli

## 2.4. Łodyga

**Łodyga** większości roślin jest organem nadziemnym, który stanowi niejako rusztowanie dla liści. Ponadto łodyga umożliwia transport produktów fotosyntezy oraz wody z solami mineralnymi. Inaczej mówiąc, łodyga jest łącznikiem pomiędzy liśćmi i korzeniem. Łodyga wraz z wyrastającymi z niej liśćmi tworzy **pęd nadziemny**.

Pod względem budowy zewnętrznej oraz wewnętrznej łodygi roślin są znacznie bardziej zróżnicowane niż korzenie.

Ze względu na budowę i trwałość łodygi wyróżniamy rośliny zielne oraz rośliny drzewiaste. **Rośliny zielne** (jednoroczne, dwuletnie i byliny) mają łodygi niezdrewniałe. **Rośliny drzewiaste** (drzewa, krzewy i krzewinki) mają łodygi zdrewniałe. Łodygi roślin zielnych są delikatne i na zimę zamierają. Łodygi zdrewniałe są trwałe, często osiągają znaczną grubość i nie asymilują CO<sub>2</sub>. Większość roślin ma łodygi rozgałęzione.



Łodyga pokrzywy - rośliny zielnej

Łodygę można podzielić na węzły i międzywęźla. **Węzły** to miejsca, z których wyrastają liście lub tworzą się nowe łodygi (boczne). Odcinki łodygi między węzłami to **międzywęźla**. Ich długość jest cechą gatunkową, zależną także od wieku rośliny i warunków środowiskowych. Rozwój

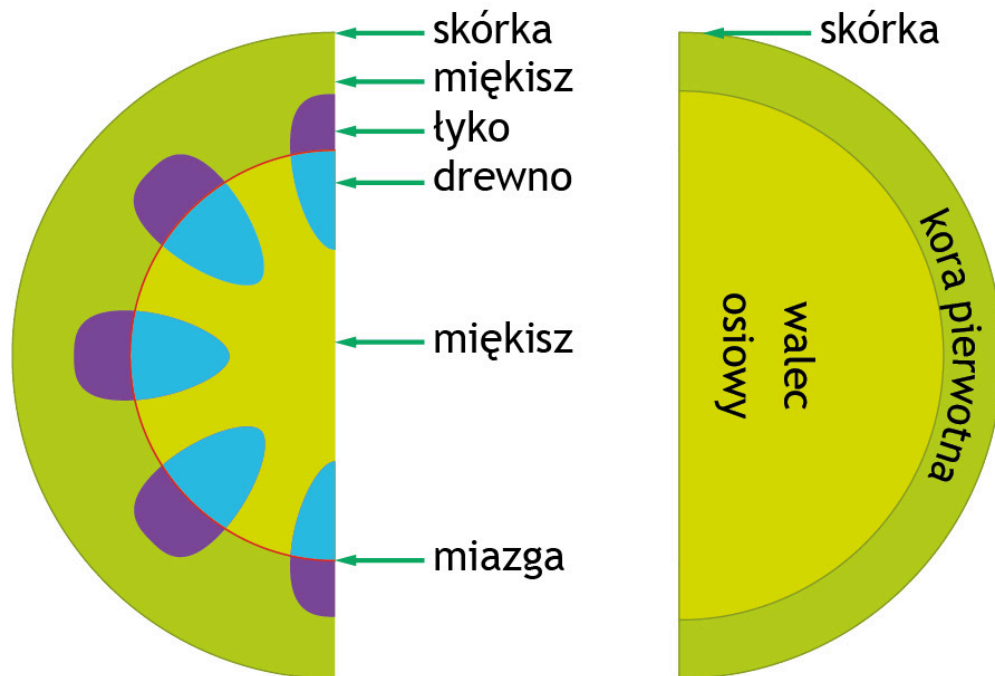


Łodygi i liści zależy od aktywności pąków. **Pąki** składają się z tkanki twórczej osłoniętej zawiązkami liści lub łuskami. Pąki zawierają zawiązki liści, nowych łodyg lub kwiatów.



#### Pąki kasztanowca

Budowa wewnętrzna łodygi jest zróżnicowana. Od zewnątrz łodygę okrywa skórka. Pod nią znajduje się warstwa kory pierwotnej. Najgłębszą warstwą łodygi jest walec osiowy.

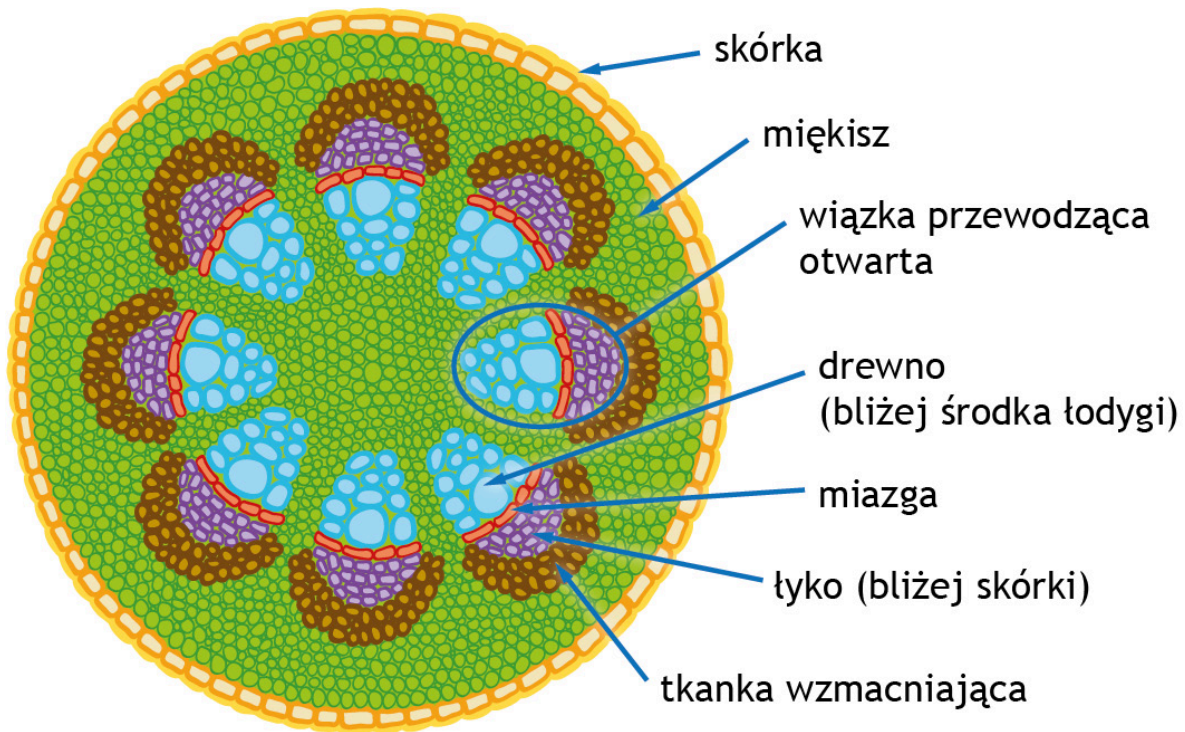


#### Budowa anatomiczna łodygi rośliny, która ma wiązki przewodzące otwarte

**Skórka** młodych łodyg zbudowana jest z żywych komórek, które nie mają chloroplastów. W łodydze roślin drzewiastych skórka ulega rozerwaniu i zastępowana jest przez korek. **Korę pierwotną** tworzą komórki miękiszowe, które mają chloroplasty i mogą fotosyntetyzować. W korze pierwotnej często występują skupienia tkanki wzmacniającej. **Walec osiowy** łodygi tworzą: miękisz wypełniający oraz wiązki przewodzące. W skład pojedynczej wiązki wchodzi pęk komórek drewna oraz pęk komórek łyka.

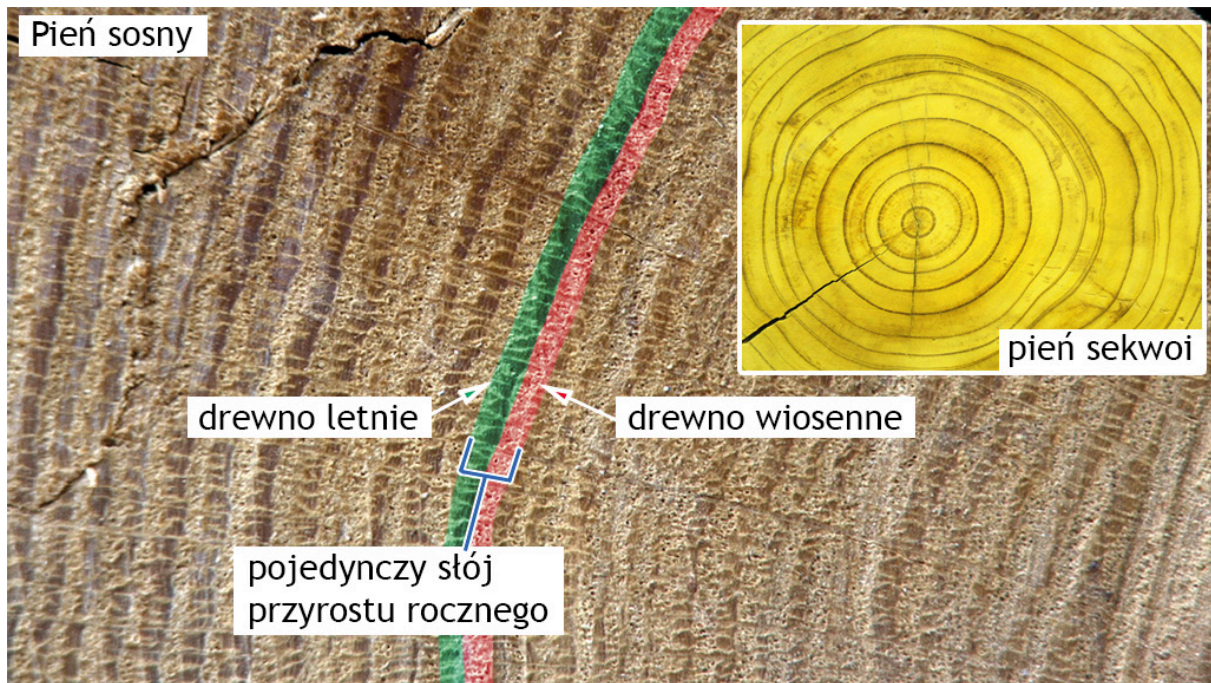
Wiązki mogą być otwarte lub zamknięte. W otwartych między łykiem a drewnem znajduje się miazga. W wiązkach zamkniętych brak jest miazgi. Wiązki przewodzące otwarte występują u roślin, których łodyga wtórnie przyrasta na grubość (tworzą w niej charakterystyczny, promienisty wzór). Zamknięte wiązki przewodzące mają rośliny nieprzyrastające wtórnie na grubość. Wiązki tych roślin są rozmieszczone nieregularnie.





#### Budowa anatomiczna łodygi rośliny o wtórnym przyroście na grubość

Silnie zdrewniała łodyga drzew to **pień**. Na przekroju pnia i starszych gałęzi widać **słoje przyrostu rocznego**. Pojedynczy słój przyrostu składa się z jasnej warstwy drewna wiosennego oraz ciemniejszej warstwy drewna letniego. Późną jesienią i zimą kambium nie wytwarza drewna ani łyka. Proces ten zaczyna się wiosną.



Przekrój pnia drzewa uwidacznia słoje przyrostu rocznego (jeden słój został pokolorowany)

## 2.5. Modyfikacje łodygi

Łodyga wielu roślin ma zmodyfikowaną budowę i pełni dodatkowe funkcje.

Funkcję spichrzową pełnią kłącza i bulwy. **Kłącza** są podziemnymi łodygami o charakterystycznych grubych węzłach. Z węzłów tych wyrastają liczne korzenie. **Bulwy** są krótkimi, silnie zgrubiałymi łodygami (podziemnymi lub nadziemnymi).



#### Modyfikacje łodygi: kłącze kosaćca

Łodygi kaktusów są zielone, pełnią funkcję asymilacyjną, a ponadto mogą gromadzić wodę. Liście kaktusów uległy przekształceniu w kolce i nie przeprowadzają fotosyntezy. **Wąsy** są organami czepnymi, które owijają się wokół podpory. Wąsy winobluszczu mają na końcach specjalne tarczki, które działają jak przyłgi – roślina może się wspinać nawet po dość gładkim murze.

Przekształconymi łodygami są także **rozłogi**. Mają one długie międzywęzła, płożą się po ziemi (np. u truskawki) lub rosną płytko pod jej powierzchnią (np. u perzu). Z węzłów rozłogów wyrastają nowe rośliny. Boczne odgałęzienia łodygi niektórych roślin przekształciły się w ciernie. **Ciernie** są sztywne (silnie zdrewniałe), ostro zakończone i służą do ochrony przed roślinożercami.





Modyfikacje łodygi: rozłogi podziemne wydmuchrzycy piaskowej

Kłącza, bulwy, cebule i rozłogi są organami rozmnażania wegetatywnego. W określonych warunkach powstają z nich nowe rośliny.



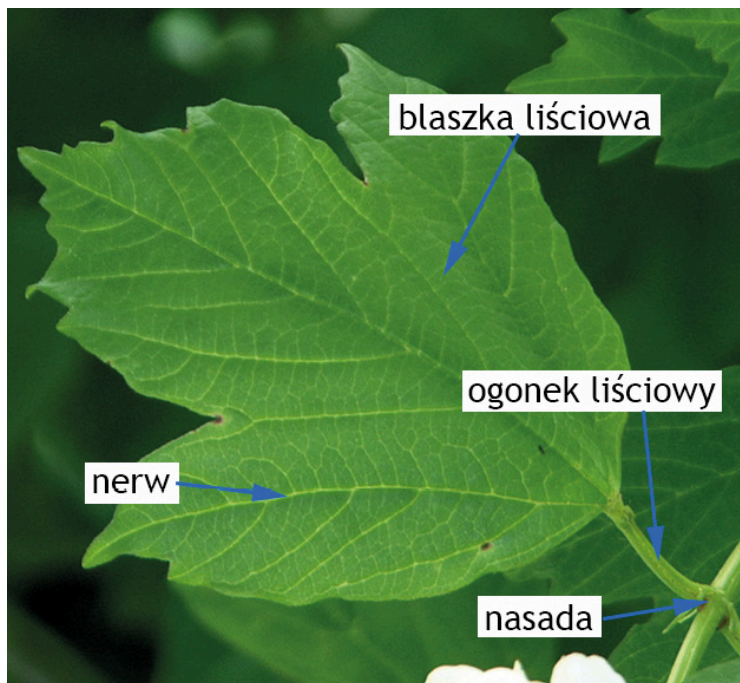
Modyfikacje łodygi: cebule jako organy rozmnażania wegetatywnego

## 2.6. Liście



W **liściach** zachodzi jeden z najważniejszych procesów biochemicznych – fotosynteza. Liście odpowiadają także za wymianę gazową – w ciągu dnia pobierają dwutlenek węgla, w nocy – tlen. Przez skórkę liści następuje parowanie wody, czyli **transpiracja**. Natężenie transpiracji może być regulowane przez otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych. Dodatkowo parowanie wody z powierzchni liści obniża ich temperaturę. W ten sposób delikatne komórki miękiszu asymilacyjnego liści są chronione przed szkodliwymi skutkami przegrzania (zbyt wysokiej temperatury).

Liść zwykle składa się z **blaszki liściowej**, **ogonka** i **nasady**. Liście bez ogonka nazywamy siedzącymi. Blaszka liściowa na ogół jest spłaszczona i ma małą grubość. Jest to przystosowanie do maksymalnego wykorzystania światła padającego na liść.



Liście:

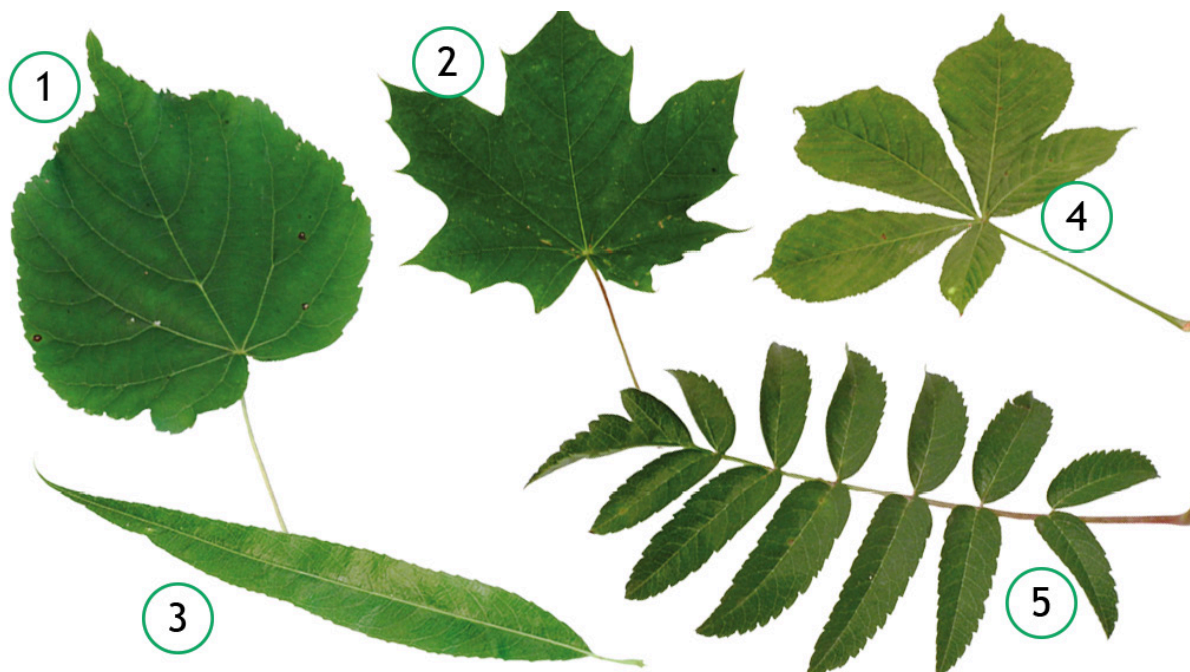
ogonkowe



bezogonkowe

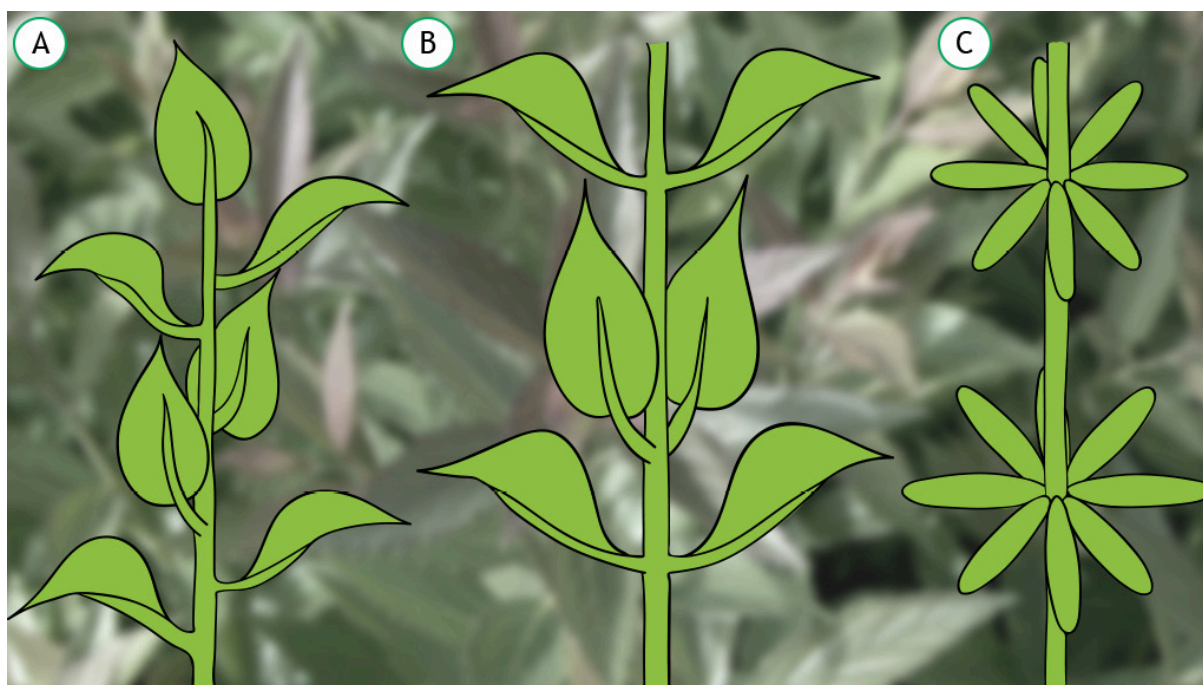


Wyróżniamy liście pojedyncze i złożone. **Liść pojedynczy** ma jedną blaszkę liściową, **liść złożony** – kilka blaszek lub więcej. Kształt blaszki liściowej jest różny – zależy od gatunku rośliny.



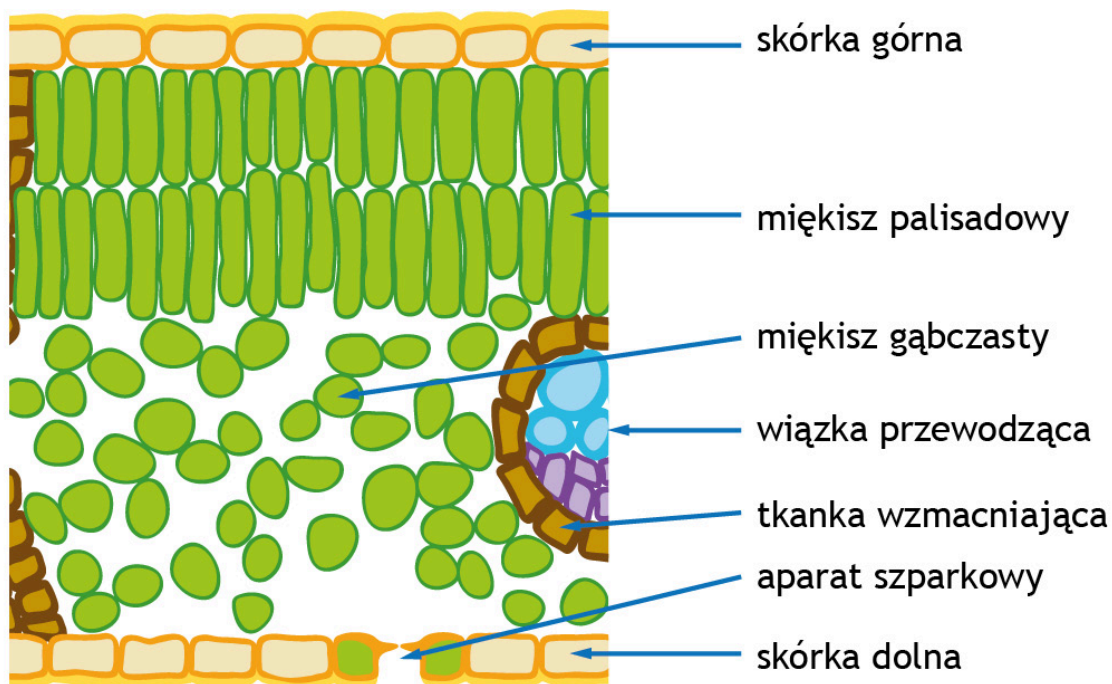
Liście pojedyncze lipy (1), klonu (2) i wierzby (3) oraz liście złożone kasztanowca (4) i jarzębiny (5)

Sposób ułożenia liści na łodydze nazywamy **ulistnieniem**. Odpowiednie ulistnienie powoduje, że liście jak najmniej się nawzajem zasłaniają. Budowa zewnętrzna liści oraz typ ulistnienia są ważnymi cechami wykorzystywanymi przy oznaczaniu roślin.



Podstawowe rodzaje ulistnienia: A - skrętoległe, B - naprzeciwległe, C - okółkowe

Budowa wewnętrzna liści jest mało skomplikowana. Każdy liść od zewnątrz okrywa **skórka**. Wnętrze liścia wypełnia miękisz asymilacyjny, w którym przebiegają wiązki przewodzące (łykodrzewne). Komórki **miększu asymilacyjnego** mają liczne chloroplasty i przeprowadzają fotosyntezę. Miękisz asymilacyjny roślin dwuliściennych jest zróżnicowany na miękisz palisadowy i gąbczasty. W wypadku nagonasiennych i jednoliściennych jest on niezróżnicowany.



Schemat budowy anatomicznej liścia rośliny dwuliściennej

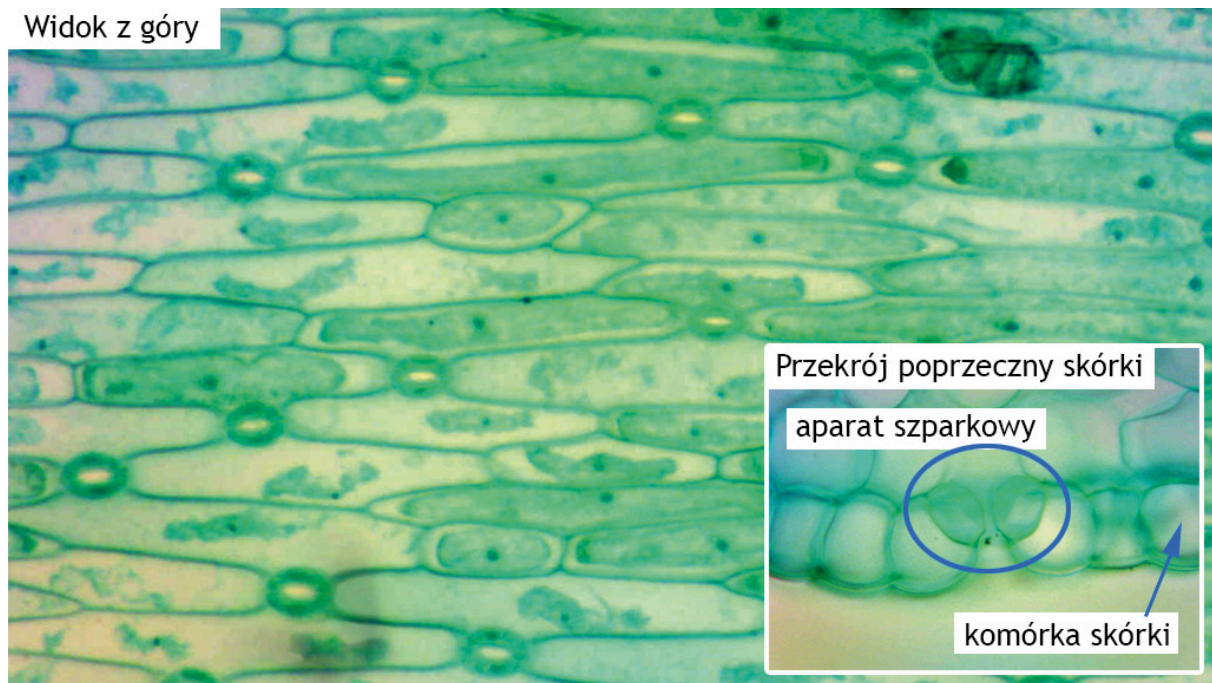
Większe wiązki widoczne na powierzchni liścia nazywamy nerwami. Cały system wiązek to **nerwacja liścia**. Wiązki przewodzące zapewniają transport substancji w liściu, łączą się także z wiązkami przewodzącymi łodygi.

**Skórka** liścia zbudowana jest z żywych komórek, które nie mają chloroplastów. Najczęściej skórkę tworzy jedna warstwa komórek, które ściśle do siebie przylegają. Ściana komórek skórki pokryta jest **kutykulą** – substancją woskową zmniejszającą parowanie wody. Kutykula roślin żyjących w miejscach suchych jest gruba. Rośliny siedlisk wilgotnych i wodne mają bardzo cienką kutykulę. Liście niektórych roślin pokryte są włoskami. Włoski mają różną budowę i funkcje. Niektóre rośliny mają tak



dużo włosków, że ich warstwa chroni przed nadmiernym parowaniem. U innych roślin włoski pełnią funkcję wydzielniczą.

W skórcie liścia znajdują się liczne aparaty szparkowe (nawet kilkadziesiąt na 1 mm<sup>2</sup> powierzchni). Aparaty szparkowe znajdują się tylko w skórcie dolnej, dla przykładu u buku, jabłoni, jaskra, lub rzadziej w obu skórkach, na przykład u traw. Pojedynczy **aparat szparkowy** zbudowany jest z dwóch komórek, które mają liczne chloroplasty oraz nietypowo pogrubione ściany. Kiedy w roślinie jest odpowiednia ilość wody, komórki szparkowe pęcznieją, a pomiędzy nimi pojawia się szczelina – szparka. Kiedy zawartość wody się zmniejsza, komórki szparkowe obkurczają się i szparka się zamyka, ograniczając transpirację.



Aparaty szparkowe w liściu kosaćca

## 2.7. Modyfikacje liści

Liście wielu roślin mają zmodyfikowaną budowę i pełnią dodatkowe funkcje. **Liście spichrzowe** są pogrubione i mają dobrze rozwinięty miękisz. Mogą gromadzić substancje zapasowe albo wodę.



Modyfikacje liści: liście spichrzowe cebuli (takie liście ma także kapusta)

**Liście łuskowate** są skórzaste. Takie liście zimą ochraniają delikatne komórki stożków wzrostu łodygi. Liście kaktusów i takich roślin, jak berberys przekształcone są w obronne **ciernie** (kolce). Liście pułapkowe umożliwiają tak zwanym roślinom drapieżnym chwytanie i trawienie drobnych owadów. Kształt liści pułapkowych jest bardzo różny. Pułapka może mieć postać dzbanka o gładkich ścianach, opatrzonych kolcami „szczęk” lub lepkich „plasterków”.

Niektóre rośliny pnące mają **liście czepne**. Za ich pomocą przyczepiają się do podpór.



Modyfikacje liści: liście czepne ogórka (takie liście ma także wyka)

## 2.8. Podsumowanie

1. Paprotniki i rośliny nasienne mają wyspecjalizowane tkanki przewodzące (rośliny naczyniowe). Korzenie i łodygi zakończone stożkami wzrostu przez całe życie przyrastają na długość. Łodygi i korzenie krzewów, drzew oraz części roślin zielnych wtórnie przyrastają na grubość. Krzewy i drzewa mają łodygi zdrewniałe.

2. Korzeń mocuje roślinę do podłoża i pobiera wodę wraz z solami mineralnymi. Wyróżniamy system korzeniowy palowy i wiązkowy.

3. W korzeniu wyróżnić można skórkę, korę pierwotną i walec osiowy. W walcu osiowym znajduje się drewno i łyko. Wiązki drewna przewodzą wodę. Inne wiązki – łykowe – dostarczają do korzenia substancje pokarmowe wytworzone w liściach.

4. Łodyga wraz z liśćmi tworzy część nadziemną rośliny, czyli pęd. Częścią pędu są także kwiaty oraz owoce (u okrytozalążkowych).

5. Łodygę okrywa skórka, jej wnętrze wypełnia miękisz wraz z pasmami tkanki wzmacniającej. W centralnej części zlokalizowane są wiązki łykodrzewne odpowiadające za transport substancji między organami.

6. Liście są organami przystosowanymi do fotosyntezy, ich wnętrze



wypełnia przede wszystkim miękisz asymilacyjny. W skórcie liści znajdują się aparaty szparkowe umożliwiające transpirację i wymianę gazową.

7. Korzenie, łodygi i liście części roślin uległy modyfikacjom, co umożliwia im pełnienie dodatkowych funkcji. Na przykład korzenie spichrzowe marchwi i buraków gromadzą substancje zapasowe. Z kolei łodygi podziemne: bulwy, cebule i kłącza oprócz spełniania funkcji spichrzowej są także organami rozmnażania bezpłciowego.

### 3. Paprotniki - pierwsze rośliny naczyniowe

#### 3.1. Cechy grupy

**Paprotniki** są rozpowszechnione na całej kuli ziemskiej. Najliczniej występują w tych rejonach, gdzie klimat jest ciepły i wilgotny (są istotnym składnikiem wilgotnych lasów równikowych). Rosną powszechnie także w lasach strefy umiarkowanej. Od mszaków różnią się **bardziej skomplikowaną budową** (są roślinami naczyniowymi) oraz **przemianą pokoleń**. Pokoleniem dominującym - okazała, wieloletnia roślina - jest sporofit. Gametofit paprotników to malutka, plechowata roślina, która po spełnieniu funkcji rozrodczej obumiera.

**Uwaga:** przypomnijmy tu tylko, że paprotniki wykształciły właściwe organy wegetatywne: korzenie, łodygi i liście. W organach tych znajdują się dobrze wykształcone tkanki, m.in. przewodzące (drewno i łyko).

Tradycyjnie paprotniki dzielimy na trzy mniejsze grupy: **paprocie**, **skrzypy** i **widlaki**.



Paprotń orlica pospolita (rośnie w prześwietlonych lasach mieszanych, sosnowych i na ich obrzeżach)





Skrzyp polny (rośnie pospolicie na ugorach, przydrożach i w ogrodach)



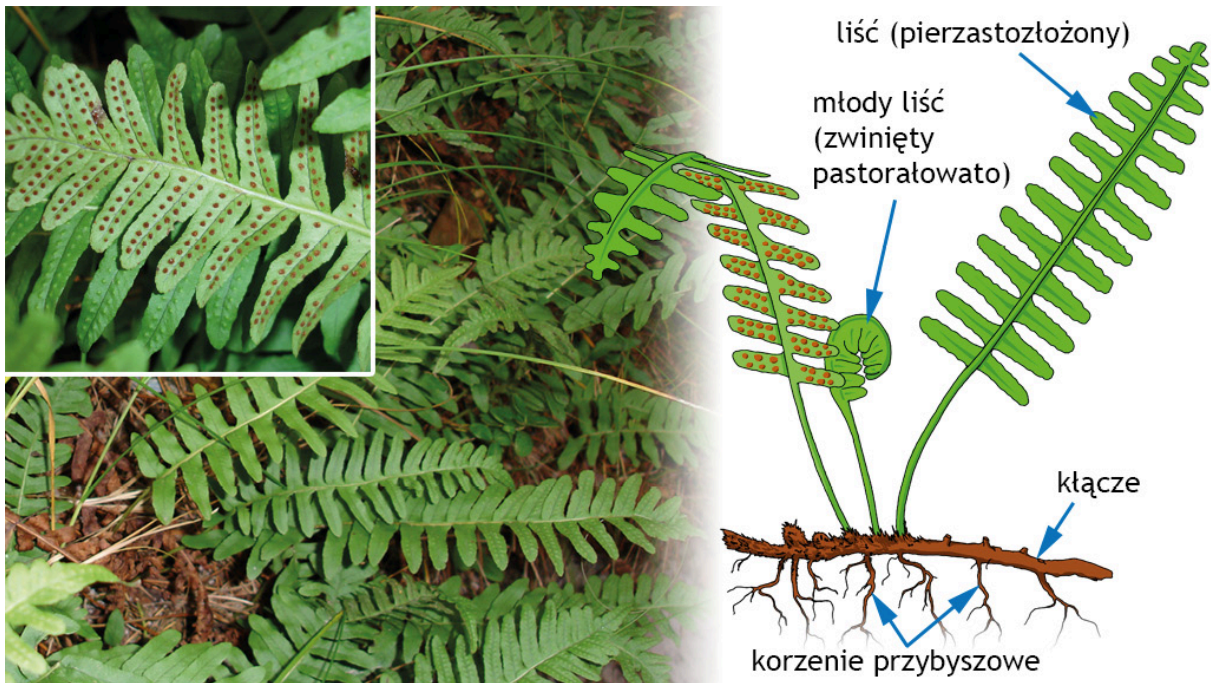
Widłak goździsty (najczęściej rośnie w lasach iglastych)

### 3.2. Budowa i znaczenie

Pospolita w naszych lasach **paprotka zwyczajna** osiąga wysokość kilkudziesięciu centymetrów. Jej długoogonkowe, pierzastozłożone **liście**



wyrastają z **kłacza** (podziemnej łodygi). Z kłacza wyrastają też drobne **korzenie przybyszowe**. Liście paprotki pełnią jednocześnie dwie funkcje: odżywczą (asymilują dwutlenek węgla) i rozrodczą (na spodniej stronie liści znajdują się wielokomórkowe zarodnie). Pojedyncza **zarodnia** kształtem przypomina niewielką maczugę. Zarodnie tworzą charakterystyczne skupienia nazywane **kupkami**.



#### Paprotka zwyczajna - budowa ogólna sporofitu i zarodnie na spodniej stronie liścia

Niektóre gatunki paproci wykształcają dwa rodzaje liści. Jedne są zielone i pełnią tylko rolę odżywczą (dlatego nazywane są liśćmi asymilacyjnymi). Liście drugiego rodzaju są bezzieleniowe, a na ich powierzchni powstają zarodnie (stąd określenie liście zarodnionośne). Przykładem takiej paproci jest rzadki w Polsce pióropusznik strusi. Jeszcze inaczej wykształcone są liście długosza królewskiego. U tej paproci część szczytowa liścia jest zarodnionośna, a część podstawna pełni rolę odżywczą.

W lasach tropikalnych rosną nieliczne współczesne **paprocie drzewiaste**. Mają prosty pień nazywany kłodziną. Na szczycie kłodziny wyrasta charakterystyczny pióropuszczyk liści. Liście paproci drzewiastych osiągają długość około 3 m.

Budowę skrzypów można poznać obserwując **skrzyp polny** - gatunek, który wytwarza dwa rodzaje pędów: wiosenne i letnie. Bezzieleniowe pędy

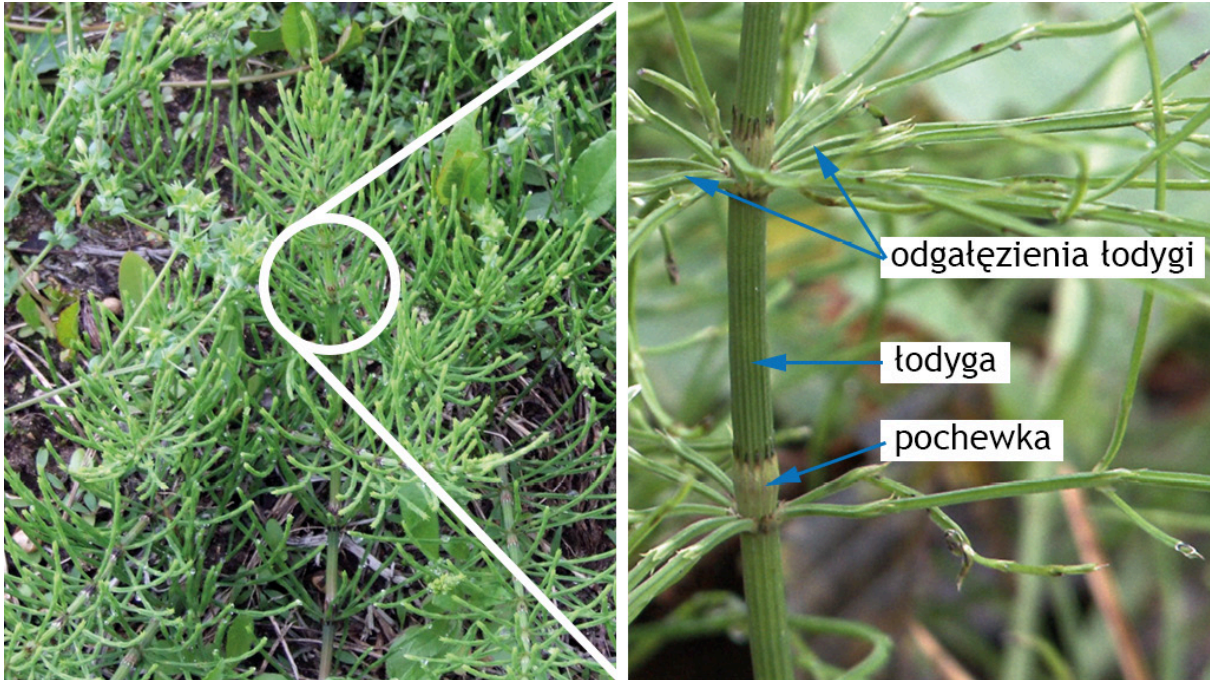
wiosenne osiągają zaledwie 30 cm wysokości. Na szczycie każdego takiego pędu znajduje się **kłos zarodnionośny** – skupienie niewielkich tarczkwatych liści zarodnionośnych. Na spodniej stronie tych liści znajdują się zarodnie.



Skrzyp polny - pędy wiosenne i kłos zarodnionośny na pędzie wiosennym

Po wysypaniu zarodników pędy wiosenne zamierają, natomiast wyrastają pędy letnie. Zielone, puste w środku łodygi pędów letnich pełnią funkcję asymilacyjną. Rozgałęzienia pędów letnich zebrane są w charakterystyczne okółki. Liście skrzypów są mocno zredukowane i mają wygląd błonkowatych blaszek. Zebrane w okółki tworzą wokół węzłów tak zwane pochewki.





Skrzyp polny - pędy letnie i fragment pędu letniego

Cechą charakterystyczną wszystkich widłaków są widlaste rozgałęzienia pędów i korzeni. Liście zarodnionośne zebrane są w **kłosa** wyrastające na szczytach łodyg, jak u widłaka goździstego i jałowcowatego, albo wyrastają w kątach liści, jak u widłaka wronca. Liście asymilacyjne widłaków są drobne.



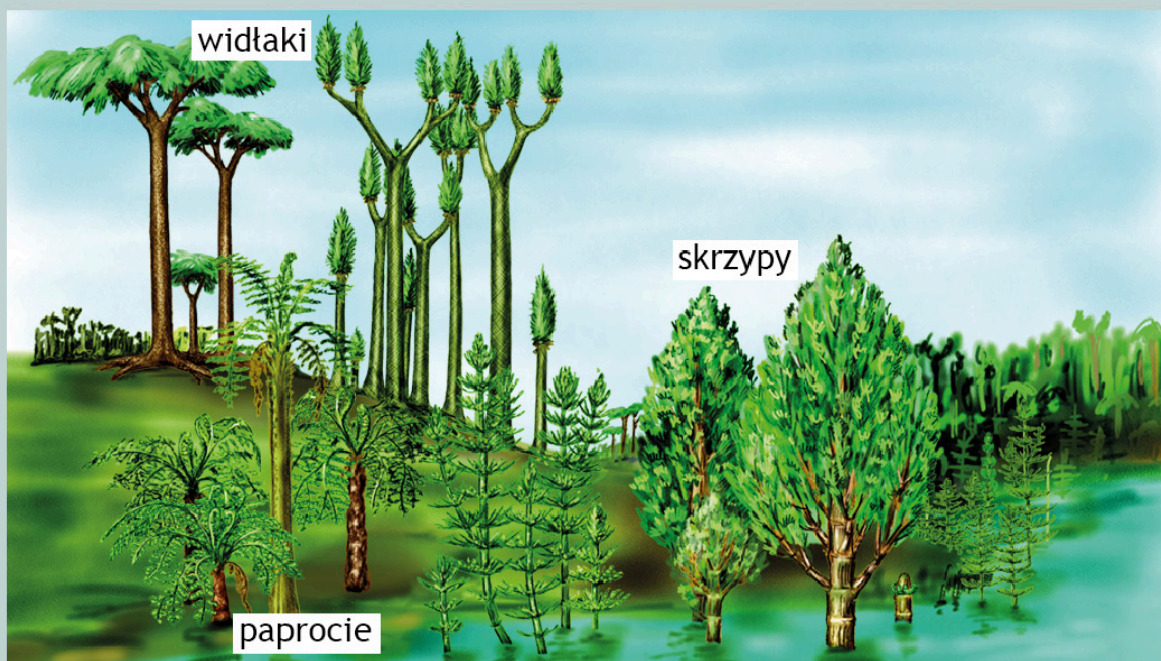


Widłak jałowcowaty jest dość rzadkim gatunkiem (występuje w suchych lasach iglastych)

Znaczenie współczesnych paprotników dla gospodarki człowieka jest niewielkie.

#### Ciekawe!

Współczesne paprotniki są zaledwie miniaturami swych karbońskich i dewońskich przodków. Wówczas wilgotne obszary porastały lasy ogromnych, mierzących nawet 20-40 m wysokości widłaków, skrzypów i paproci. Na przestrzeni milionów lat nawarstwiające się obumarłe szczątki tych roślin utworzyły pokłady węgla kamiennego (także na terenie Polski).



### 3.3. Porównanie paprotników z mszakami

| Porównywana cecha    | Mszaki                                                                   | Paprotniki                                                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Pokolenie dominujące | gametofit                                                                | sporofit                                                  |
| Gametofit            | plechowaty splątek oraz ulistniona łodyżka z chwytnikami (brak korzenia) | niewielkie plechowate przedrośle                          |
| Sporofit             | bezlístna łodyżka z zarodnią (jest niesamodzielny)                       | ulistniona łodyga z korzeniami (jest samodzielną rośliną) |
| Tkanki               | słabo rozwinięte (okrywająca i miękiszowa)                               | dobrze rozwinięte (m.in. tkanka przewodząca)              |
| Zapłodnienie         | wymaga obecności wody                                                    |                                                           |

Paprotniki i mszaki - porównanie cech

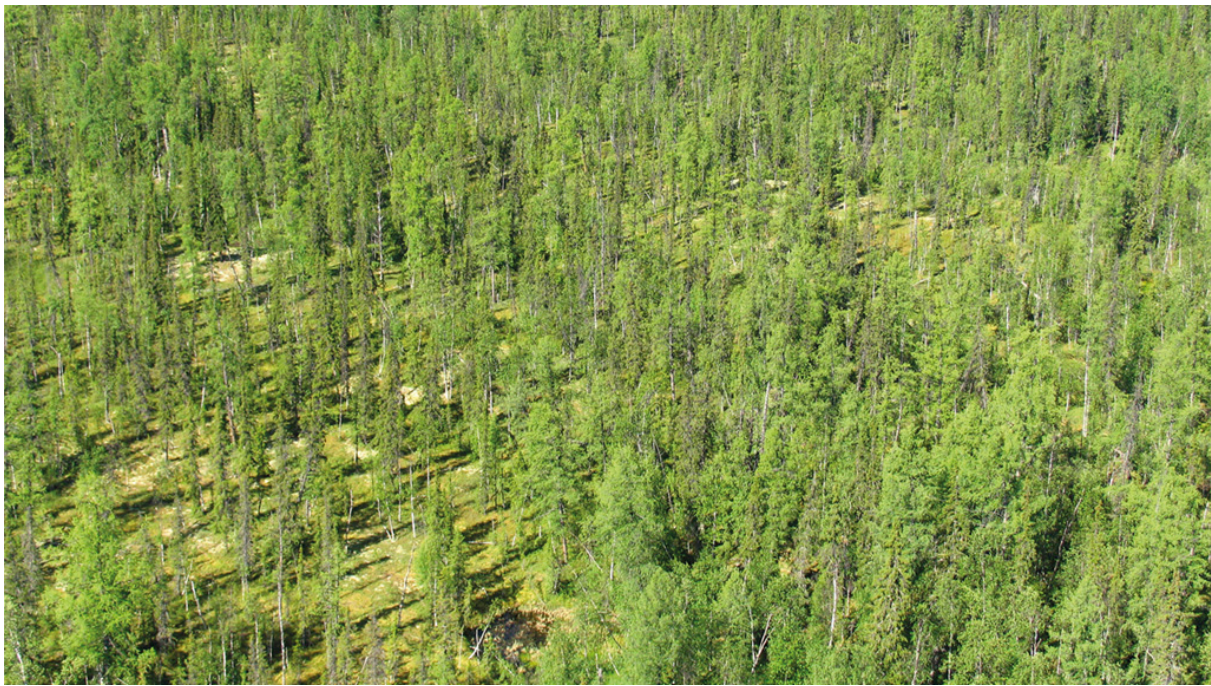
### 3.4. Podsumowanie

1. Wśród paprotników wyróżnia się paprocie, skrzypy i widłaki.
2. Pokoleniem dominującym jest sporofit - samodzielna, samożywna roślina wieloletnia.
3. Paprotniki są roślinami naczyniowymi.

## 4. Rośliny nagonasienne (nagozależkowe)

### 4.1. Cechy grupy

**Rośliny nagonasienne** występują na lądach całej kuli ziemskiej. Najliczniej występują w rejonach o klimacie chłodnym (są podstawowym elementem tajgi – lasów północnej Europy, Azji oraz Ameryki). Nagonasienne są także powszechne w borach i lasach mieszanych naszego kraju. Od paprotników różnią się przede wszystkim **bardziej skomplikowaną budową sporofitu** (m.in. wykształcają kwiaty i nasiona) oraz **silną redukcją gametofitu** (jest bardzo mały i niesamodzielny; stanowi jedynie niewielką część okazałego, wieloletniego sporofitu).



W syberyjskiej tajdze nagonasienne są roślinami dominującymi

Nagonasienne mają jednopłciowe **kwiaty** (męskie lub żeńskie) o prostej budowie. Najczęściej są one skupione w **szyszkowate kwiatostany** (szyszki żeńskie i męskie).

Elementem kwiatu żeńskiego jest **załążek** - specjalny organ kryjący żeńskie komórki rozrodcze (komórki jajowe). Elementem kwiatów męskich są pylniki, w których powstają **ziarna pyłku** z męskimi komórkami rozrodczymi.

Wszystkie nagonasienne są **wiatropylne** (ziarna pyłku przenoszone są



przez wiatr). Po zapyleniu i zapłodnieniu zalążki przekształcają się w nasiona. Zarówno zalążki, jak i nasiona nie są zamknięte w osłonach (osłonięte), dlatego omawiane teraz rośliny nazwano **nagonasiennymi** (nagozalążkowymi).

Nagonasienne dzielimy między innymi na: **miłorzębowe** oraz **szpilkowe** (iglaste). Jedynym żyjącym przedstawicielem miłorzębowych jest miłorząb dwuklapowy. Pozostałe nagonasienne należą do drugiej grupy.

Większość nagonasiennych to okazałe drzewa mierzące nawet kilkadziesiąt metrów wysokości (sekwoja, sosna, świerk, modrzew, jodła, żywotnik). Mniej liczne są krzewami (jałowiec).



Miłorząb jest często sadzony ze względu na przepięknie przebarwiające się liście

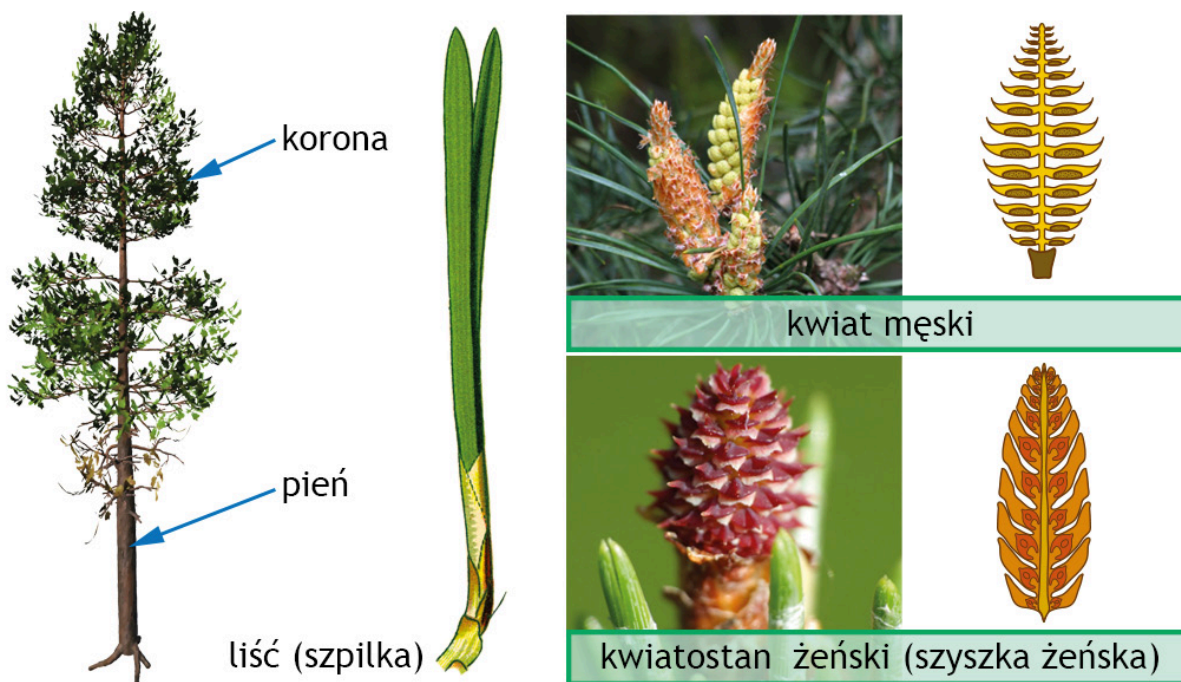
### Ciekawe!

Rosnące w górach Sierra Nevada (Ameryka Pn.) sekwoje wiecznie zielone i mamutowce olbrzymie osiągają ponad 100 m wysokości. Oba gatunki są zagrożone wyginięciem. Największy żyjący obecnie mamutowiec – drzewo o nazwie General Sherman Tree ma 84 m wysokości i waży około 1200 t. (mniej więcej tyle, ile waży drewno świerków porastających 1 ha lasu).



## 4.2. Budowa i przegląd systematyczny

Pospolita w naszych lasach **sosna zwyczajna** osiąga wysokość około 30 m (okazałe drzewo to oczywiście sporofit). **Łodyga** silnie przyrasta wtórnie na grubość i jest zdrewniała (stąd określenie - pień). Jej liście mają kształt **szpilek** (stąd nazwa całej grupy). Liście sosny osadzone są po dwa na skróconych pędach. U sosny i większości innych iglastych liście są zimotrwałe, to znaczy że nie są corocznie zrzucane na zimę (żyją kilka lat i wymieniane są stopniowo). **Palowy system korzeniowy** sosny może rosnąć na głębokość przekraczającą 3 m (na glebach piaszczystych). Sosna tak, jak wiele innych roślin iglastych, wytwarza **żywicę** – bardzo lepłą, półprzezroczystą wydzielinę, która chroni przed owadami, grzybami oraz wpływem niskich temperatur.



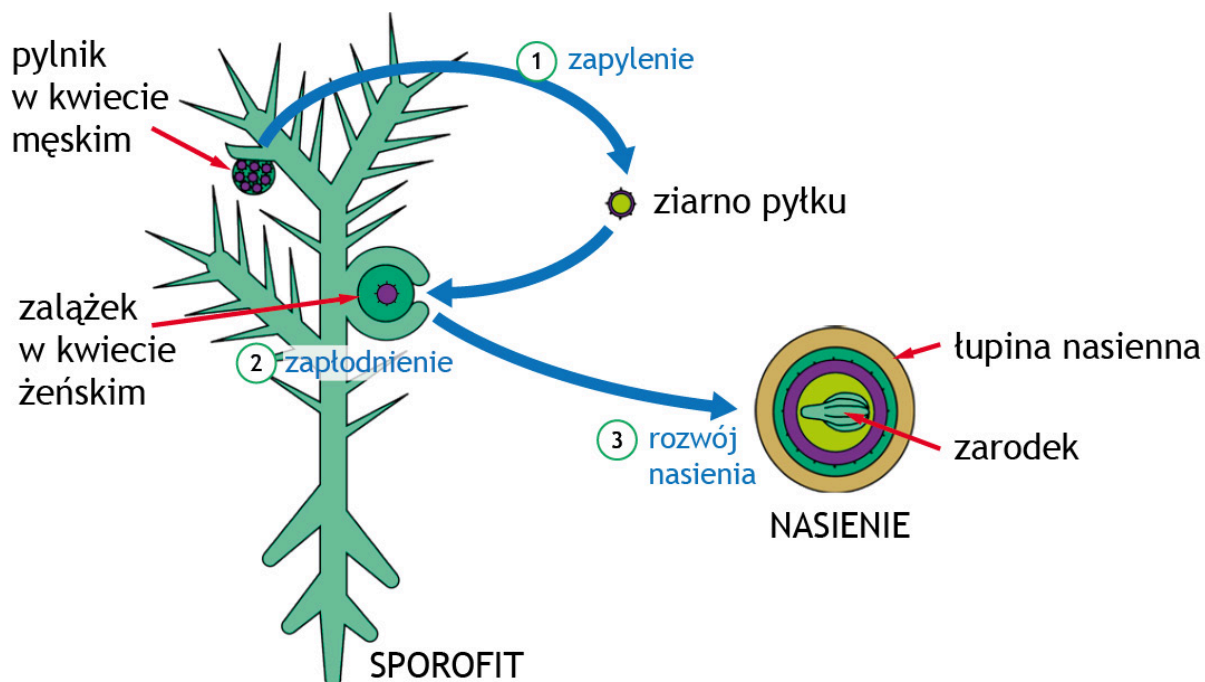
### Sosna zwyczajna - najpospolitsze drzewo polskich lasów

Sosna zwyczajna jest rośliną jednopienną (na jednym osobniku występują zarówno kwiaty żeńskie, jak i męskie). Pojedynczy **kwiat żeński** ma bardzo prostą budowę. Składa się z łuski, na której znajdują się dwa niczym nieosłonięte **zalążki** z komórkami jajowymi. Łuski z zalążkami zebrane są w **szyszki żeńskie**. Kwiaty męskie – **szyszki męskie** – składają się z łuskowatych **pręcików**. Każdy pręcik ma dwa pylniki. Wiosną ziarna pyłku przenoszone są przez wiatr bezpośrednio na zalążki. Po zapłodnieniu zalążki przekształcają się w **nasiona**, a łuski drewnieją, tworząc **szyszkę**. Dojrzałe nasiona wysypują się dopiero po trzech latach. Nasiona sosny mają skrzydełka lotne (sosna jest wiatrosiewna).

**zapylenie = przeniesienie ziarna pyłku (w przypadku nagonasiennych na zalążek)**

**zapłodnienie = połączenie komórki plemnikowej z komórką jajową**





Większość nagonasiennych to tak zwane wielkie rośliny o niewielkich wymaganiach życiowych. Tam, gdzie warunki rozwoju są dobre (jest ciepło, wilgotno, a gleby są zasobne), nagonasienne przegrywają konkurencję ze sprawniejszymi roślinami okrytonasiennymi. Jednakże na terenach o surowym klimacie lub ubogich glebach (albo gdy uwarunkowania te występują jednocześnie) nagonasienne są grupą dominującą. Rosną zatem licznie nie tylko na północy, ale także w górach i na nadmorskich wydmach.

## Cechy szpilkowych, które dają im przewagę w warunkach klimatu chłodnego.

|                                  |                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| — liście szpilkowe lub łuskowate | grube i wąskie igły są dobrze zabezpieczone przed zimą i tracą mniej wody                            |
| — liście zimotrwałe              | nie muszą pozbywać się liści na zimę, nie ponoszą kosztów tworzenia co roku nowych liści             |
| — cewki w drewnie                | transport wody jest wolniejszy niż w naczyniach, ale klinowate cewki dają dużą odporność na złamanie |
| — żywica                         | podwyższona odporność na atak grzybów i owadów, a także na mróz                                      |
| — wiatropylność i wiatrosiewność | są niezależne od obecności np. owadów lub ptaków                                                     |

## Znaczenie roślin nagonasiennych w przyrodzie i gospodarce człowieka:

- odgrywają główną (lasotwórczą) rolę w biocenozach północnych rejonów Eurazji i Ameryki Północnej;
- stanowią schronienie i pożywienie wielu zwierząt;
- uwalniają ogromne ilości tlenu do atmosfery (tajga jest jednym z najcenniejszych zbiorowisk roślinnych Ziemi);
- umacniają podłoże (wydmy i zbocza na terenach górskich);
- drewno drzew iglastych wykorzystuje się w przemyśle budowlanym, meblarskim i papierniczym;
- żywicę, szyszki i korzenie wielu gatunków wykorzystuje się w przemyśle farmaceutycznym;
- liczne gatunki i odmiany uzyskane sztucznie zdobią parki i ogrody (miłorząb, różne gatunki żywotników i cyprysów).



W Polsce świerk pospolity jest wykorzystywany w budownictwie oraz w przemyśle papierniczym (do pozyskiwania celulozy)

### 4.3. Porównanie z paprotnikami

| Porównywana cecha           | Paprotniki                                                | Nagonasienne                                                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Pokolenie dominujące</b> | sporofit                                                  | sporofit                                                         |
| <b>Gametofit</b>            | niewielkie plechowate przedrośle (jest samodzielne)       | mikroskopijnej wielkości (jest niesamodzielną częścią sporofitu) |
| <b>Sporofit</b>             | ulistniona łodyga z korzeniami (jest samodzielną rośliną) | ulistniony, zdrewniały z korzeniami (jest samodzielną rośliną)   |
| <b>Tkanki</b>               | dobrze rozwinięte (m.in. tkanka przewodząca)              |                                                                  |
| <b>Zapłodnienie</b>         | wymaga obecności wody                                     | nie wymaga obecności wody                                        |

Porównanie cech paprotników i roślin nagonasiennych

### 4.4. Podsumowanie

1. Rośliny nagonasienne wytwarzają kwiaty – organy służące do rozmnażania się. Kwiaty żeńskie i męskie zebrane są w szyszki. Kwiaty żeńskie to łuski nasienne z zalążkami, w których znajdują się rodnice z komórkami jajowymi. Częścią kwiatów męskich są pylniki, w których powstają ziarna pyłku.



2. Ziarna pyłku przenoszone są na zalążki przez wiatr (wiatropylność). Kiełkujące ziarno pyłku wytwarza łagiewkę, która przenosi do komórki jajowej komórki plemnikowe.

3. Po zapłodnieniu z zalążka powstaje nasienie zbudowane z zarodka, tkanki odżywczej i łupiny nasiennej.

4. Wytworzenie zalążków i pyłku uniezależniło zapłodnienie od obecności wody.

## 5. Rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe)

### 5.1. Cechy grupy i zasadniczy podział

**Rośliny okrytonasienne** występują powszechnie na lądach całej kuli ziemskiej (są dominującą grupą roślin w prawie wszystkich biocenozach lądowych).

Różnice pomiędzy okrytonasiennymi a nagonasiennymi są niewielkie, ale istotne. Przede wszystkim okrytonasienne mają **bardziej skomplikowaną budowę kwiatów** (ich zalążki znajdują się w zalążniach **słupków**), a nasiona są ukryte w **owocach**. Okrytonasienne są także bardziej zróżnicowane (różne formy drzewiaste i zielne). W przemianie pokoleń okrytonasiennych nastąpiła **dalsza redukcja gametofitu**.

Dzielimy je na dwie duże grupy: dwuliścienne i jednoliścienne.

**Dwuliścienne** najczęściej mają okwiat zróżnicowany na kielich i koronę, palowy system korzeniowy oraz liście różnego kształtu z nerwacją pierzastą. Najważniejszą cechą tej grupy jest obecność dwóch liścieni w zarodkach. Wśród dwuliściennych znajdziemy zarówno formy zielne, jak i zdrewniałe.



Dwuliścienne

**Jednoliścienne** mają okwiat niezróżnicowany na kielich i koronę, wiązkowy system korzeniowy oraz wydłużone, bezogonkowe liście z nerwacją równoległą. Najważniejszą cechą tej grupy jest obecność jednego liścienia w zarodkach. Jednoliścienne są formami zielnymi (nieliczne, np. palmy, mają pędy zdrewniałe).



Jednoliścienne

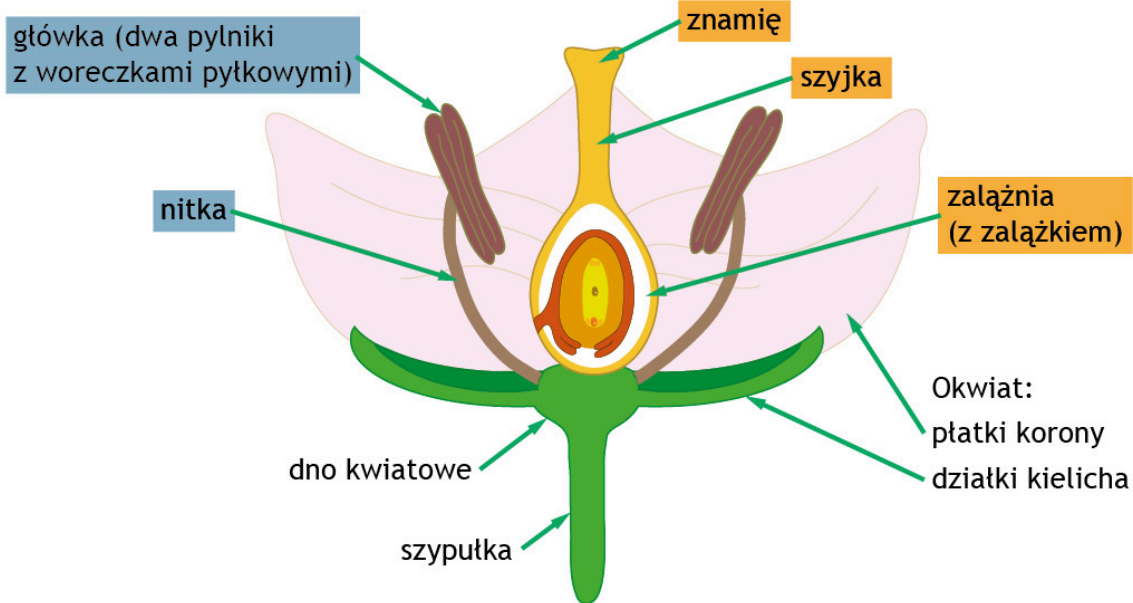
## 5.2. Kwiaty i owoce

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech okrytonasiennych są kwiaty o złożonej budowie. **Kwiat** to skrócony pęd oraz specyficznie przekształcone liście. W kwiecie roślin okrytonasiennych wyróżniamy części płonne (**okwiat**) oraz części rozrodcze (**słupek** i **pręciki**). Wymienione części kwiatu osadzone są na rozszerzonym dnie kwiatowym. Okwiat często zróżnicowany jest na płatki korony i działki kielicha. Kwiaty większości gatunków są **obupłciowe** – zawierają zarówno pręciki, jak i słupki. Niektóre okrytonasienne wytwarzają kwiaty jednopłciowe (męskie i żeńskie).



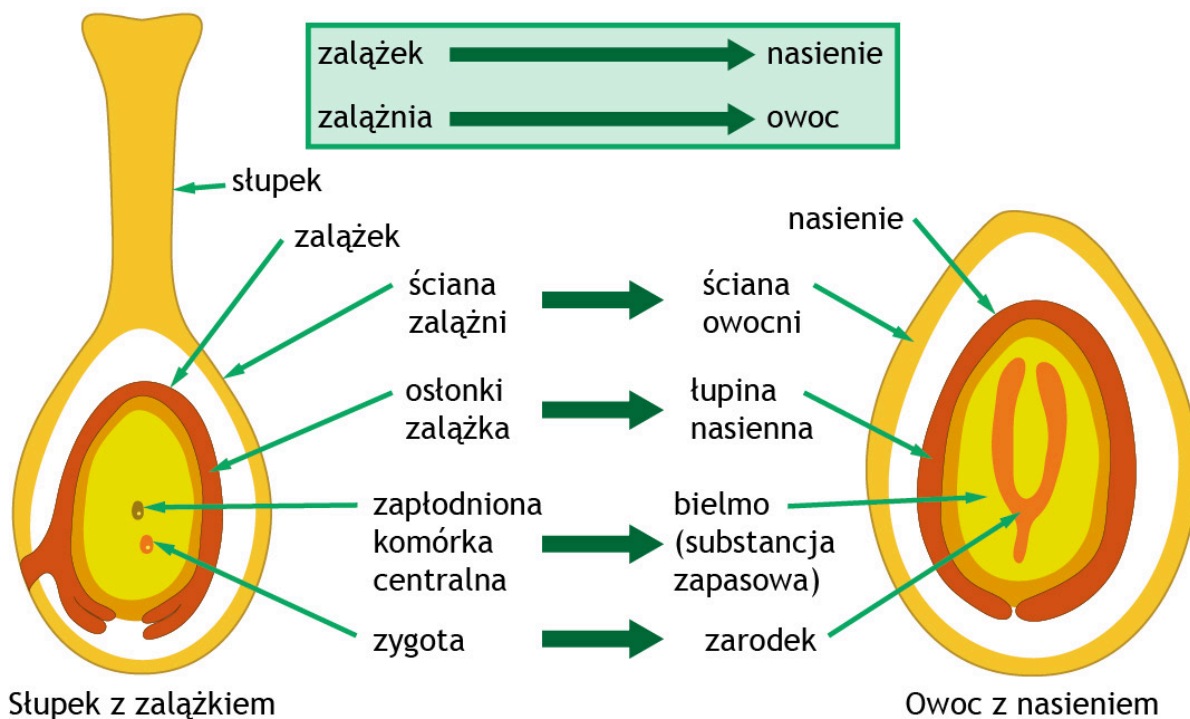
### Męska część kwiatu - pręcik:

### Żeńska część kwiatu - słupek:



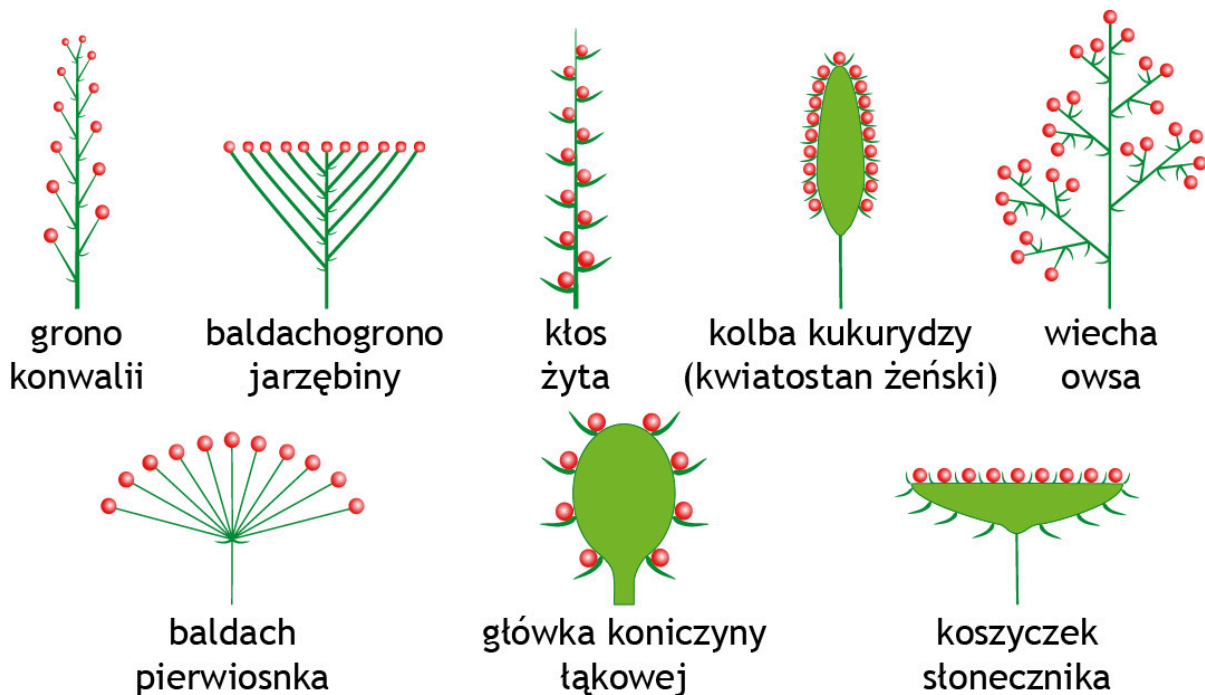
### Budowa obupłciowego kwiatu rośliny okrytonasiennej

**Słupek** składa się z **założni** zwężającej się u góry w **szyjkę** zakończoną **znamieniem**. W założni ukryte są zalążki zawierające komórki jajowe. Każdy **pręcik** składa się z **nitki**, na której osadzona jest **główka** składająca się z dwóch **pylników**. W pylnikach powstają ziarna pyłku. U okrytonasiennych **zapylenie** polega na tym, że pyłek przenoszony jest na znamie słupka. Po zapłodnieniu zalążki przekształcają się w **nasiona**, zaś ściana założni w **owocnię**. Owocnia i nasiona tworzą **owoc**.



### Powstawanie nasienia i owocu

Kwiaty mogą być pojedyncze lub zebrane w **kwiatostany**. Wśród okrytonasiennych najliczniejsze są gatunki owadopylne oraz wiatropylne. Kwiaty roślin owadopylnych są okazałe, mają barwny okwiat i pachną. Zwykle są w nich także miodniki produkujące nektar – pokarm wielu owadów. Rośliny wiatropylne produkują ogromne ilości pyłku, a ich kwiaty są niepozorne.



#### Kwiatostany roślin okrytonasiennych (przykłady)

Obok kwiatu najbardziej charakterystycznym organem okrytonasiennych jest owoc. Owoce chronią nasiona i ułatwiają rozprzestrzenianie się (rozsiewanie się).

Ze względu na sposób powstawania i budowę wyróżniamy owoce pojedyncze i zbiorowe. **Owoc pojedynczy** powstaje z jednej zalążni. Takie owoce wytwarza brzoskwinia, czereśnia, śliwka i palma kokosowa. **Owoc zbiorowy** powstaje u tych roślin, które w pojedynczym kwiecie mają dużo słupków. Zalążnia każdego słupka przekształca się w tak zwany owoczek. Owoczeki zrastają się mięsistymi ścianami. Owoce zbiorowe wytwarza malina, morwa i ananas.

Ze względu na budowę owocni (ściany owocu) wyróżniamy **owoce mięsiste** i **owoce suche**. Owocnia tych pierwszych jest gruba i soczysta. Może zawierać skrobię, fruktozę lub tłuszcze. Takie owoce są bardzo chętnie zjadane przez zwierzęta. Nasiona znajdujące się w tych owocach usuwane są z niestrawionymi resztkami pokarmu (często bardzo daleko od rośliny macierzystej). Owoce suche mają cienką owocnię. Po dojrzeniu owocnia może pękać lub nie (owoce pękające i niepękające).





Brzoskwinia (pestkowiec)



Ogórek (jagoda)



Truskawka  
(orzeszek; owoc zbiorowy)



Mak polny (torebka)



Łubin (strąk)



Mniszek (niełupka)

### Owoce mięsiste:

- pestkowce, np. śliwka, morela, czereśnia, palma kokosowa
- jagody, np. arbuzy, winogrona, ogórki, pomidory

### Owoce suche:

- pękające, np. strąki fasoli, torebki maku i bielunia
- niepękające, np. orzechy dębu i leszczyny, ziarniaki pszenicy i żyta, niełupki słonecznika i mniszka

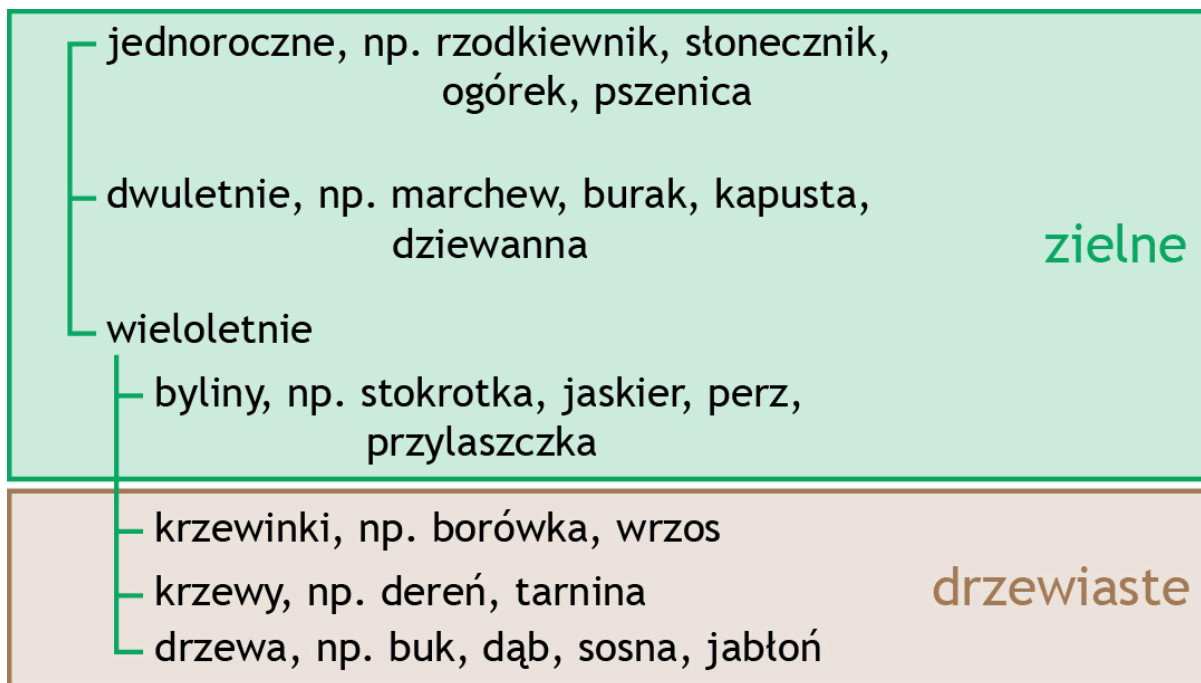
Niektóre owoce mają specjalne przystosowania, na przykład pestkowce palmy kokosowej mogą miesiącami unosić się na powierzchni wody morskiej i w ten sposób rozprzestrzeniać nasiona na wielkie odległości. Skrzydlaki klonów i niełupki mniszka roznoszone są przez wiatr.

## 5.3. Formy życiowe

Wśród okrytonasiennych występują rośliny jednoroczne, dwuletnie i wieloletnie (byliny, krzewinki, krzewy i drzewa).

Cały cykl życiowy roślin **jednorocznych** odbywa się w ciągu jednego

roku (po wydaniu nasion giną). Cykl życiowy roślin **dwuletних** trwa dwa lata. W pierwszym roku rośliny te wytwarzają jedynie organy wegetatywne i gromadzą materiały zapasowe. Kwitną i owocują w drugim roku. **Rośliny wieloletnie** kwitną i owocują przez wiele lat. Byliny są roślinami, których części nadziemne jesienią obumierają. Przetrwanie zapewniają części podziemne, na przykład kłącza, cebule. Części nadziemne roślin zdrewniałych nie obumierają na zimę (pomijamy tu liście).



#### Podział roślin nasiennych ze względu na czas trwania cyklu życiowego oraz trwałość pędu

Przykładem pospolitej jednorocznej rośliny okrytonasiennej jest niewielki kurzyśląd polny (dorasta do zaledwie kilkunastu centymetrów). Jego małe, jajowate liście osadzone są na delikatnej, płożącej się łodydze. Niewielki, palowy system korzeniowy wrasta w glebę na głębokość zaledwie kilku centymetrów.

Kurzyśląd polny kwitnie od maja do października. Kwiaty osadzone są na szypułkach wyrastających z kątów liści. Mają 5 płatków korony i 5 działek kielicha (takie kwiaty nazywamy pięciokrotnymi). W kwiecie znajduje się 1 słupek i 5 pręcików. Kwiaty kurzyślądu są więc obupłciowe. Po zapyleniu nasiona rozwijają się w torebce (rodzaj owocu). Kurzyśląd jest rośliną wiatrosiewną.



Kurzyśląd polny (dwuliścienne) - pospolita, jednoroczna roślina zielna polskich łąk, pól i trawników

#### Ciekawe!

Przyczyn ogromnego sukcesu ewolucyjnego roślin okrytonasiennych jest kilka. Ich gametofity są zaledwie kilkukomórkowe. Ziarna pyłku przenoszące gamety męskie uniezależniły zapłodnienie od obecności wody. Słupki skutecznie chronią delikatne zalążki. Nasiona okrytonasiennych są zasobne w substancje zapasowe (bielmo). Liczne okrytonasienne są owadopylne, co zwiększa szanse zapylenia (dzięki temu mogą produkować mniej pyłku). Z kolei owoce znakomicie ułatwiają rozprzestrzenianie się nasion.





Roślinami okrytonasiennymi są także odporne na ekstremalne susze „kaktusy”

## 5.4. Porównanie okrytonasiennych z nagonasiennymi

| Porównywana cecha           | Nagonasienne                                                     | Okrytonasienne                                                                 |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pokolenie dominujące</b> | sporofit                                                         |                                                                                |
| <b>Gametofit</b>            | mikroskopijnej wielkości (jest niesamodzielną częścią sporofitu) |                                                                                |
| <b>Sporofit</b>             | ulistniony, zdrewniały z korzeniami (jest samodzielną rośliną)   | ulistniony (formy drzewiaste i zielne) z korzeniami (jest samodzielną rośliną) |
| <b>Kwiaty</b>               | jednopłciowe, zebrane w szyszki                                  | jednopłciowe albo obupłciowe                                                   |
| <b>Zalążki</b>              | nieosłonięte                                                     | zamknięte w zalążniach słupków                                                 |
| <b>Nasiona</b>              | nieosłonięte (w szyszkach)                                       | w owocach                                                                      |
| <b>Zapylenie</b>            | wiatropylne                                                      | owadopylne, wiatropylne                                                        |
| <b>Tkanki</b>               | dobrze rozwinięte (w tkance przewodzącej cewki i komórki sitowe) | dobrze rozwinięte (w tkance przewodzącej najczęściej naczynia i sita)          |
| <b>Zapłodnienie</b>         | nie wymaga obecności wody                                        |                                                                                |

Okrytonasienne i nagonasienne - porównanie

## 5.5. Znaczenie okrytonasiennych

## **Znaczenie roślin okrytonasiennych w przyrodzie i gospodarce człowieka:**

- odgrywają największą rolę w tworzeniu biocenoz lądowych (szczególnie obszarów o umiarkowanej i wysokiej temperaturze i dużej wilgotności);
- stanowią pożywienie ogromnej liczby zwierząt;
- są pożywieniem większości ludzi (zboża i inne rośliny uprawne);
- są wykorzystywane w przemyśle spożywczym (np. zboża, ziemniaki, trzcina cukrowa, len, bawełna, drzewa i krzewy owocowe, herbata);
- uzyskuje się z nich cenne przyprawy, jak pieprz, cynamon;
- drewno drzew liściastych wykorzystuje się w przemyśle budowlanym i meblarskim;
- wykorzystywane są w przemyśle farmaceutycznym, jak na przykład mięta, melisa;
- liczne gatunki ozdobne sadi się w parkach i ogrodach.



Dojrzałe kłosy pszenicy - jednego z podstawowych zbóż uprawnych

## 5.6. Podsumowanie

1. Rośliny okrytonasienne wytwarzają kwiaty pojedyncze lub kwiatostany. Kwiaty okrytonasiennych mają złożoną budowę, składają się z części płonych (okwiatu) i rozrodczych (pręcików z pylnikami oraz słupków z zalążniami). W zalążniach słupków ukryte są zalążki. Po zapyleniu i zapłodnieniu z zalążków rozwijają się nasiona, a z zalążni chroniąca je owocnia. Owocnia z nasionami tworzy owoc.

2. Rośliny okrytonasienne są największą i najbardziej zróżnicowaną grupą roślin o ogromnym znaczeniu dla funkcjonowania biosfery. Dzielimy je na dwuliścienne i jednoliścienne.



## 6. Panel kontrolny Rozdziału V

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu V (na [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

### 6.1. Polecenia kontrolne

#### Polecenia do lekcji 1. Mszaki

1. Wymień przedstawicieli mszaków oraz omów ich środowisko życia i budowę zewnętrzną.
2. Wy tłumacz, dlaczego u mszaków gametofit jest formą dominującą.
3. Opracuj prosty schemat ilustrujący przemianę pokoleń mszaków.
4. Wyjaśnij rolę mszaków w przyrodzie.

#### Polecenia do lekcji 2. Organy wegetatywne roślin naczyniowych

1. Wymień organy roślinne i omów ich podstawowe funkcje.
2. Narysuj, a następnie opisz schemat budowy morfologicznej korzenia i liścia.
3. Porównaj budowę anatomiczną korzenia i łodygi.
4. Wyjaśnij, jak budowa anatomiczna korzeni, łodyg i liści umożliwia realizację ich funkcji.
5. Przedstaw na wybranych przykładach modyfikacje organów roślinnych.
6. Zaprojektuj i wykonaj (np. z plasteliny) model budowy wewnętrznej jednego z organów roślinnych.

#### Polecenia do lekcji 3. Paprotniki

1. Wymień grupy roślin zaliczanych do paprotników oraz podaj przykłady tych roślin.
2. Wyjaśnij, dlaczego paprotniki zaliczane są do organowców.
3. Wymień swoiste cechy paproci, skrzypów i widłaków.
4. Porównaj na przykładzie paproci sporofit z gametofitem oraz wyjaśnij rolę obu form w przemianie pokoleń.
5. Udowodnij, że sporofit paprotników jest pokoleniem dominującym.

#### Polecenia do lekcji 4. Rośliny nagonasienne (nagozalążkowe)

1. Wymień sześć gatunków roślin nagonasiennych naturalnie występujących w Polsce.
2. Wymień charakterystyczne cechy roślin nagonasiennych.
3. Określ cechy identyfikacyjne dwóch gatunków roślin iglastych.
4. Wyjaśnij, jak powstaje nasienie i przedstaw jego rolę w życiu roślin.

### **Polecenia do lekcji 5. Rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe)**

1. Omów budowę kwiatu roślin okrytozalążkowych.
2. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają nasiona, a w jaki owoce.
3. Wyłumacz, jaką funkcję pełnią elementy nasienia oraz owocnia.
4. Wymień kryterium podziału roślin okrytonasiennych na jedno- i dwuliścienne oraz porównaj obie grupy roślin.
5. Podaj po trzy przykłady roślin wiatro- i owadopylnych oraz porównaj ogólną budowę kwiatów tych roślin.
6. Wyjaśnij na kilku przykładach rolę roślin nasiennych w przyrodzie i gospodarce człowieka.

## **6.2. Ważne pojęcia**

• rośliny zarodnikowe • mszaki • paprotniki • rośliny kwiatowe (nasienne)  
• nagonasienne (nagozalążkowe) • okrytonasienne (okrytozalążkowe) •  
przemiana pokoleń • sporofit • zarodnia • gametofit • plemniki • rodnie •  
splątek • łodyżka • rośliny naczyniowe • organy wegetatywne • pęd • łodyga  
• liście • systemy korzeniowe (palowy, wiązkowy) • organy generatywne •  
kwiat • owoce • wiązka przewodząca • modyfikacje organów  
wegetatywnych • paprocie • skrzypy • widłaki • paprotniki kopalne • kwiat  
żeński • łuska nasienna • zalążek • kwiat męski • pylniki • pyłek • zapylenie  
• nasiona • kwiaty obupłciowe • słupek • zalążnia • zalążek • owoc •  
owocnia

# System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



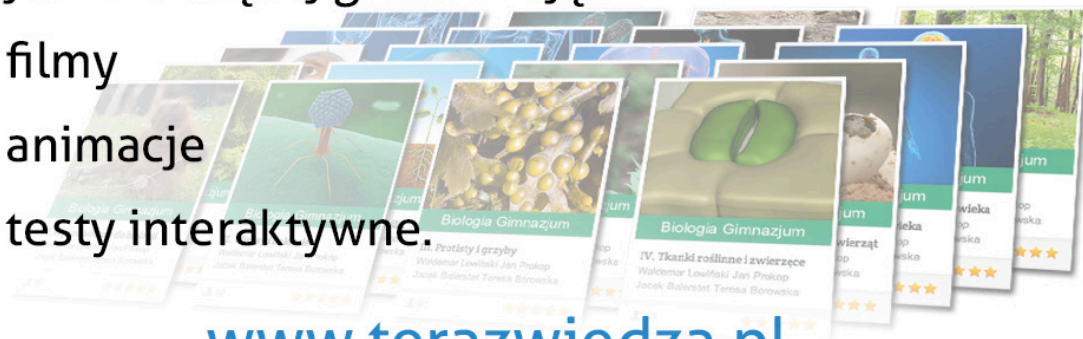
filmy



animacje



testy interaktywne.

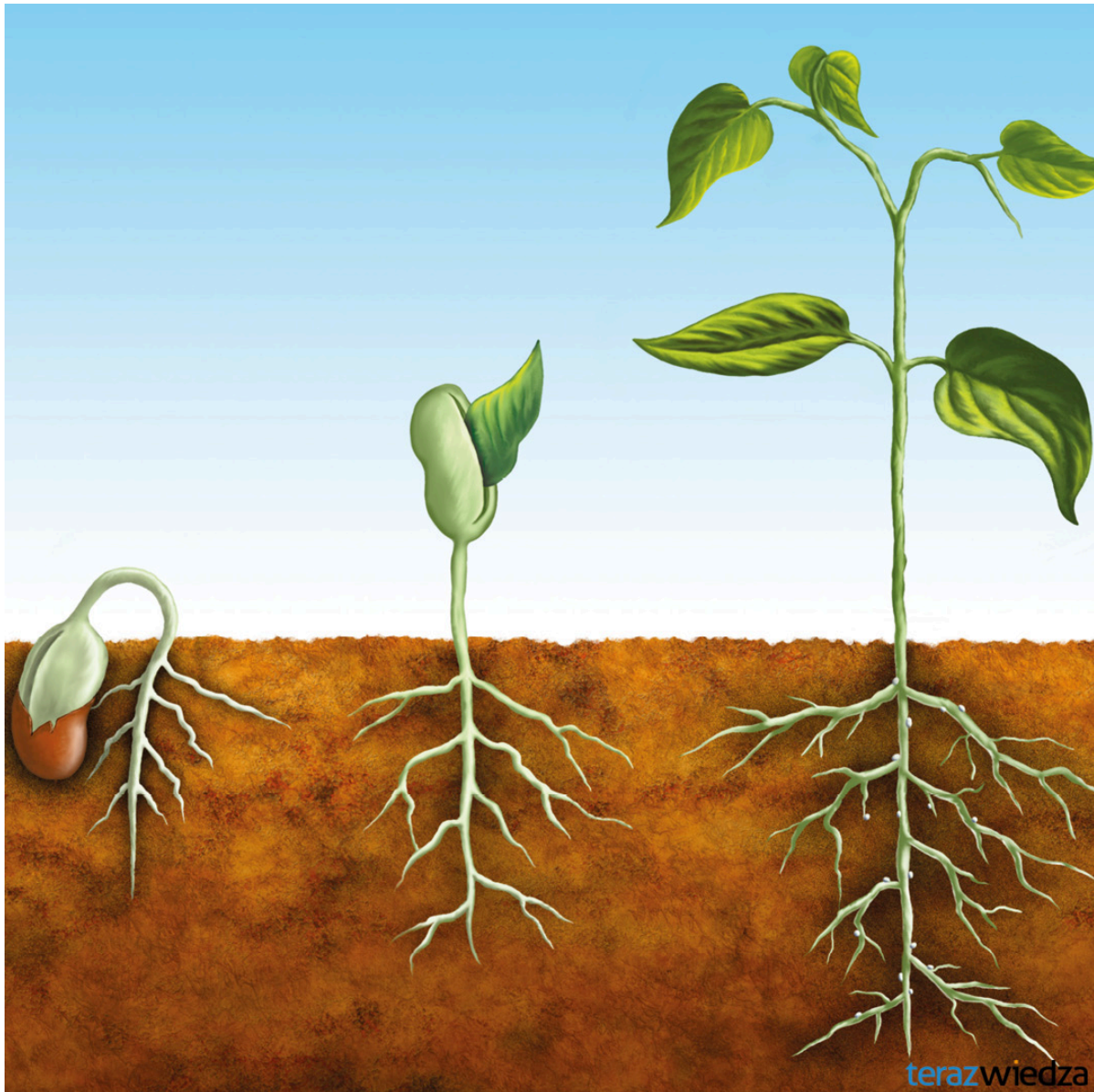


[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)

Sprawdź już teraz!



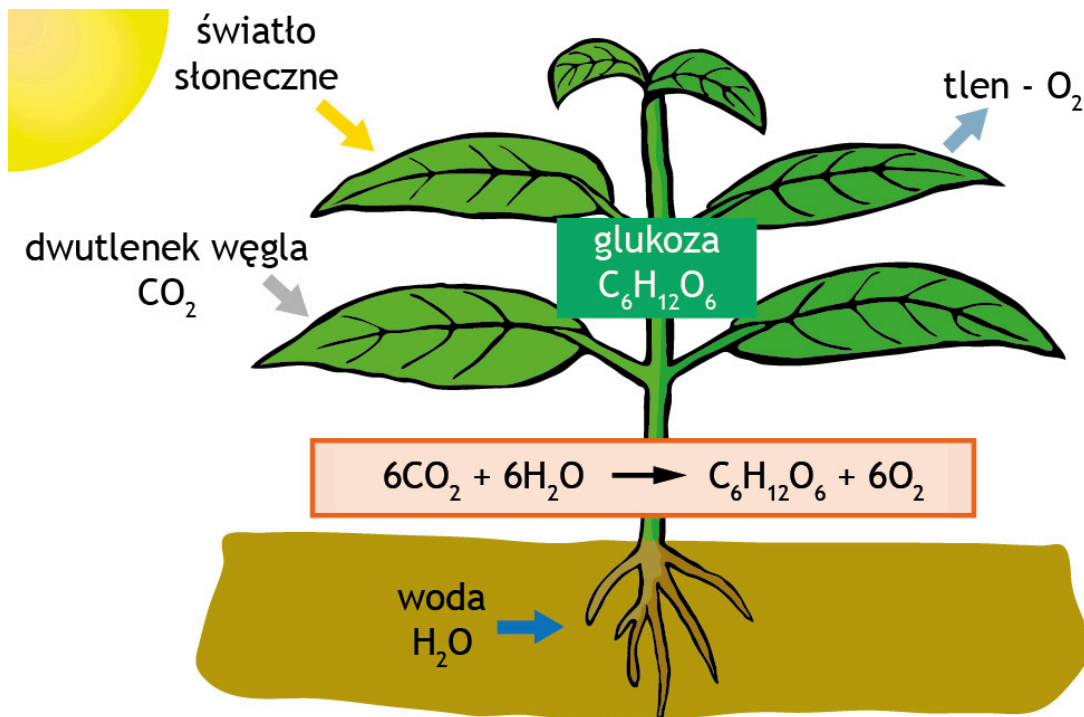
## VI. Czynności życiowe roślin



# 1. Fotosynteza i daleki transport substancji

## 1.1. Substraty fotosyntezy

Jak wiesz, rośliny są **fotoautotrofami** - organizmami odżywiającymi się za pomocą fotosyntezy. **Fotosynteza** zachodzi w chloroplastach. Jest skomplikowanym procesem syntezy związków organicznych (glukozy) z prostych związków nieorganicznych (dwutlenku węgla i wody). Ubocznym produktem jest tlen. Uwalniany do atmosfery tlen wykorzystują następnie wszystkie organizmy tlenowe w procesie oddychania komórkowego. Fotosynteza zatem ma podstawowe znaczenie dla wszystkich istot żywych na naszej planecie. Do fotosyntezy niezbędna jest energia świetlna oraz chlorofil.



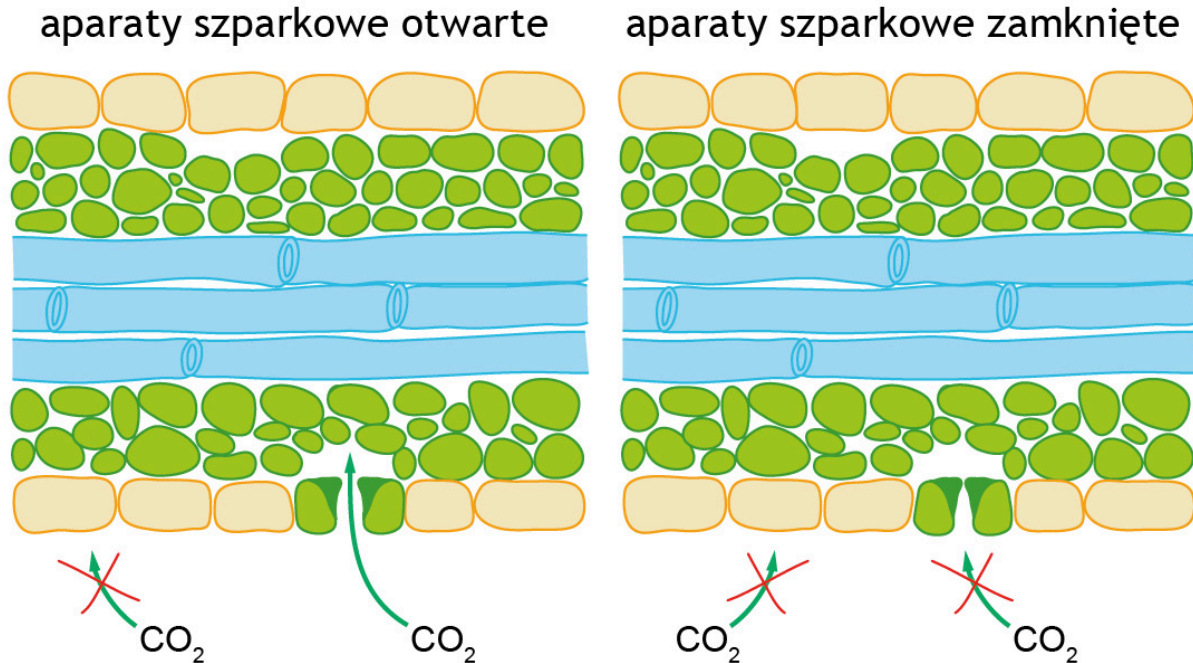
### Istota fotosyntezy

**Uwaga:** ważne jest też, abyś zapamiętał, że związki organiczne wytwarzane przez fotoautotrofy stanowią pokarm dla heterotrofów.

## 1.2. Pobieranie dwutlenku węgla i wody

Zanim przeanalizujemy fotosyntezę, wyjaśnijmy, w jaki sposób do chloroplastów dostarczane są substraty tego procesu: **dwutlenek węgla** i **woda**. Rośliny lądowe pobierają dwutlenek węgla z powietrza. Gaz ten

wnika do liści przez otwarte aparaty szparkowe. Następnie dyfunduje do cytoplazmy podstawowej komórek miękiszu asymilacyjnego, a stamtąd do chloroplastów.



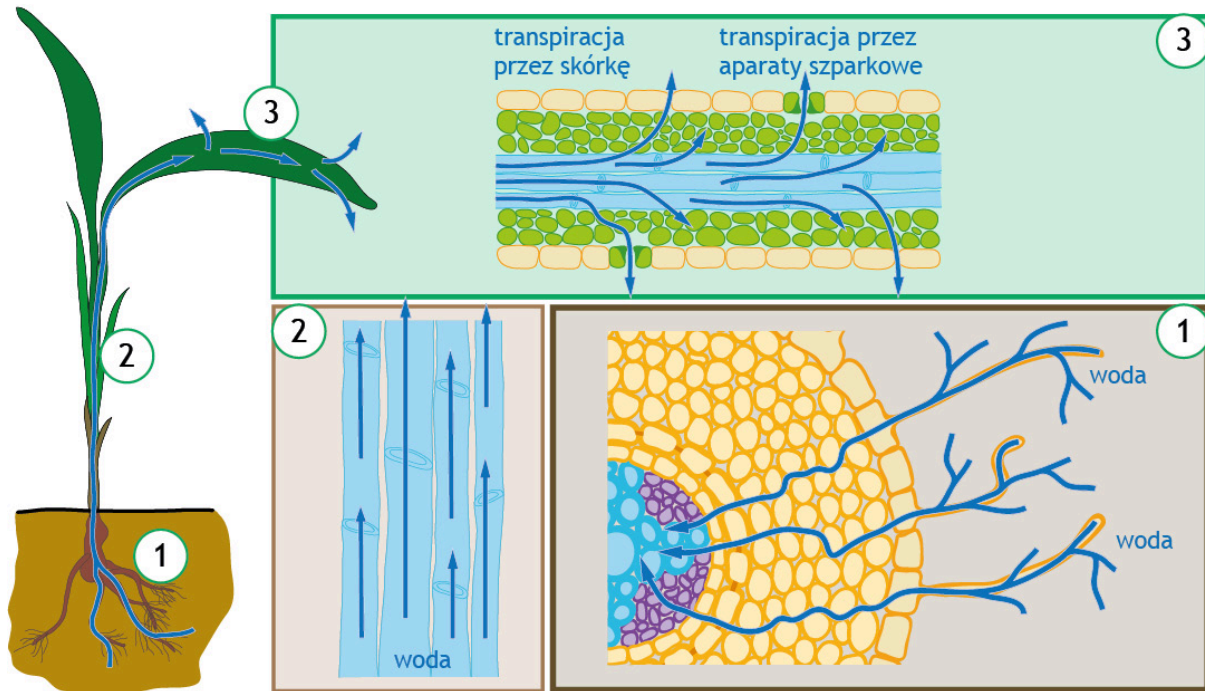
Pobieranie dwutlenku węgla przez liście. Zauważ, że zamknięcie aparatów szparkowych odcina roślinie dostęp do dwutlenku węgla zawartego w powietrzu

Rośliny naczyniowe pobierają wodę za pomocą korzeni. Woda z roztworu glebowego wnika na zasadzie **osmozy**. Najpierw dostaje się do włosników komórek skórki korzenia. Z nich, przez miękisz kory pierwotnej i śródskórnę, wędruje do elementów drewna w walcu osiowym. Dzięki temu, że cewki i naczynia są bardzo cienkie, woda łatwo przemieszcza się w górę korzenia i łodygi aż do liści. Z najdrobniejszych wiązek przewodzących w liściach woda przenika do przestworów międzykomórkowych miękiszu asymilacyjnego. Stamtąd pewna część wody dostaje się do komórek miękiszu asymilacyjnego, gdzie w chloroplastach wykorzystywana jest w procesie fotosyntezy.

Większość wody roślina traci przez otwarte szparki. Parowanie wody z powierzchni rośliny nazywamy **transpiracją**. Transpiracja działa jak pompa ssąca, która zasysa wodę z gleby do korzenia i wywołuje jej transport w górę (wbrew grawitacji), aż do liści. Wraz z wodą do korzeni wnikają potrzebne związki mineralne, głównie w postaci jonów. Pobieranie



jonów wymaga nakładów energii (dostarcza ją ATP). Sieć wiązek przewodzących tworzy w roślinie ciągły, sprawny **system przewodzący**. Łączy on najdrobniejsze korzenie z najwyższymi liśćmi. System przewodzący transportuje nie tylko wodę, związki mineralne i produkty fotosyntezy, ale także hormony roślinne i inne substancje chemiczne.



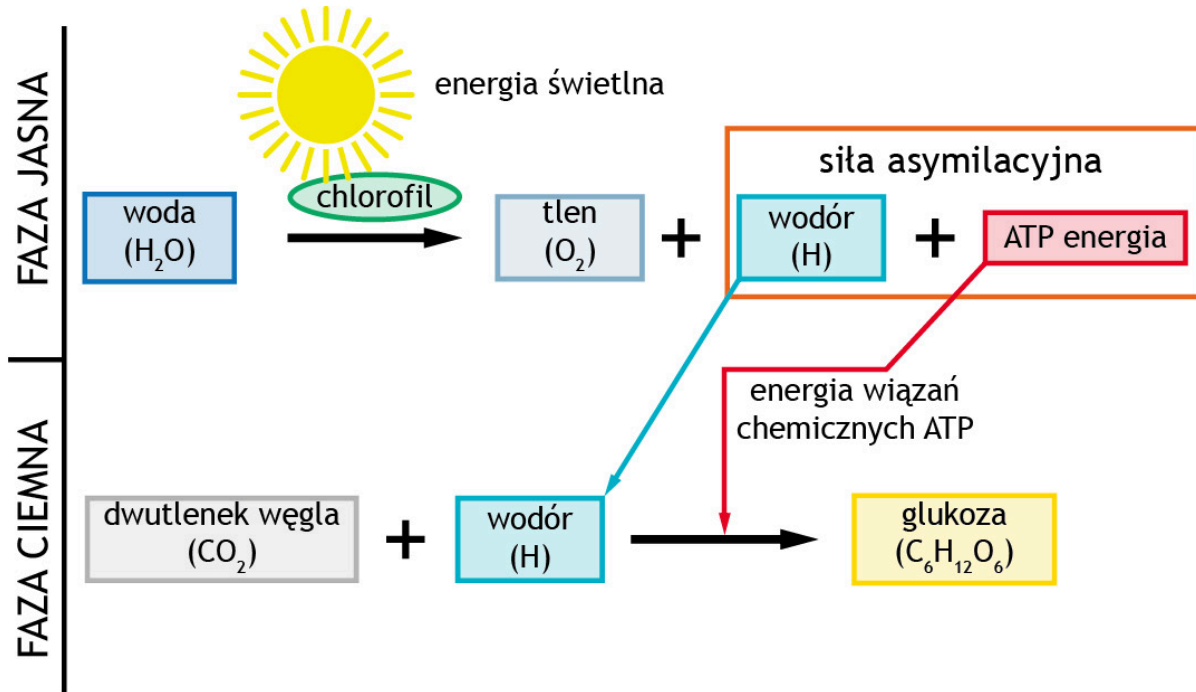
Transport wody z gleby do liści: 1 - dzięki włosnikom powierzchnia chłonna korzenia jest bardzo duża, 2 - w długich i bardzo cienkich elementach przewodzących drewna woda łatwo przemieszcza się do góry, 3 - komórki liści stale tracą wodę. Woda zasysana jest z korzeni, ponieważ stężenie soku komórkowego w liściach jest dużo wyższe niż w korzeniach.

### 1.3. Przebieg fotosyntezy i produkty

Fotosyntezę podzielono umownie na dwie fazy: jasną i ciemną. Reakcje **fazy jasnej** zależą wprost od światła. W tej fazie cząsteczki chlorofilu wbudowane w błony chloroplastów pochłaniają energię świetlną. Dzięki temu następuje rozkład wody (na wodór i tlen) i powstaje **siła asymilacyjna**. Składnikiem siły asymilacyjnej jest między innymi ATP. Reakcje **fazy ciemnej** nie zależą bezpośrednio od światła. W tej fazie składniki siły asymilacyjnej (wodór oraz energia z ATP) umożliwiają przyswajanie (**asymilację**) dwutlenku węgla, a następnie syntezę glukozy.

W komórkach miękiszu asymilacyjnego glukoza przekształcana jest w

dwucukier - sacharozę. W tej postaci produkt fotosyntezy jest ładowany do elementów łyka. Z liści transportowany jest do innych części rośliny, np. do komórek korzenia czy owoców.



Schemat przemian zachodzących podczas fotosyntezy z uwzględnieniem podziału na fazę jasną i fazę ciemną

Na fotosyntezę wpływają liczne fizyczne czynniki środowiskowe. **Stężenie dwutlenku węgla** w powietrzu atmosferycznym wynosi tylko około 0,03% i jest to czynnik ograniczający wydajność procesu. **Niedobór wody** prowadzi do zamykania szparek i ustania pobierania dwutlenku węgla. Ważna jest też **ilość światła** (inne są wymagania roślin światłolubnych i cieniolubnych). Bardzo istotnym czynnikiem jest **temperatura**. Dla większości roślin optymalna temperatura wynosi 20-30°C (wyższe i niższe temperatury wpływają na fotosyntezę ograniczająco).

## 1.4. Porównanie fotosyntezy i oddychania tlenowego

Z doświadczeń i analizy zapisów przebiegu reakcji fotosyntezy i oddychania tlenowego wynika, że procesy te są zupełnie różne – zachodzą w innych organellach i wymagają innych enzymów. Fotosyntezę i oddychanie łączy jednak to, że są podstawowymi procesami życiowymi związanymi z pozyskiwaniem energii.

| Cecha procesu | Fotosynteza                                         | Oddychanie tlenowe                                                     |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Substraty     | dwutlenek węgla i woda                              | glukoza i tlen                                                         |
| Produkty      | glukoza i tlen                                      | dwutlenek węgla i woda                                                 |
| Energia       | światlna jest pochłaniana, chemiczna - magazynowana | chemiczna i cieplna są uwalniane; brak zależności od energii świetlnej |
| Pora doby     | zachodzi tylko w dzień                              | zachodzi całą dobę                                                     |
| Organizmy     | tylko fotoautotrofy (sinice, glony i rośliny)       | wszystkie organizmy                                                    |
| Lokalizacja   | chloroplasty                                        | mitochondria                                                           |

## 1.5. Podsumowanie

1. Wszystkie rośliny są organizmami samożywymi (fotoautotrofami), wykorzystującymi energię świetlną (pochłanianą przez chlorofil) do wytwarzania związków organicznych z prostych związków nieorganicznych (wody, dwutlenku węgla). Rośliny pobierają dwutlenek węgla z powietrza, natomiast wodę wraz z solami mineralnymi z gleby.

2. Dwutlenek węgla wnika do liści przez aparaty szparkowe, skąd dyfunduje do chloroplastów komórek miękiszu asymilacyjnego. Woda pobierana jest na zasadzie osmozy i przez elementy drewna transportowana łądogą do liści.

3. Część wody z roślin wyparowuje przez szparki (transpiracja), dlatego rośliny równocześnie zasysają kolejne porcje wody do korzeni, łądogi i liści.

4. System przewodzący roślin tworzą wiązki przewodzące, które transportują wodę, sole mineralne, produkty fotosyntezy i hormony.

5. W procesie fotosyntezy wyróżnia się dwie fazy: jasną i ciemną. W fazie jasnej cząsteczki chlorofilu absorbują (pochłaniają) światło, co prowadzi do rozkładu cząsteczek wody na wodór i tlen (uboczny produkt fotosyntezy) oraz do wytworzenia ATP. W fazie ciemnej wodór oraz energia ATP zostają zużyte do przyswojenia dwutlenku węgla i wytworzenia glukozy.

6. Tempo fotosyntezy zależy od czynników środowiskowych: stężenia dwutlenku węgla i dostępu do wody oraz od temperatury.



## 2. Ruchy roślin

### 2.1. Wstęp

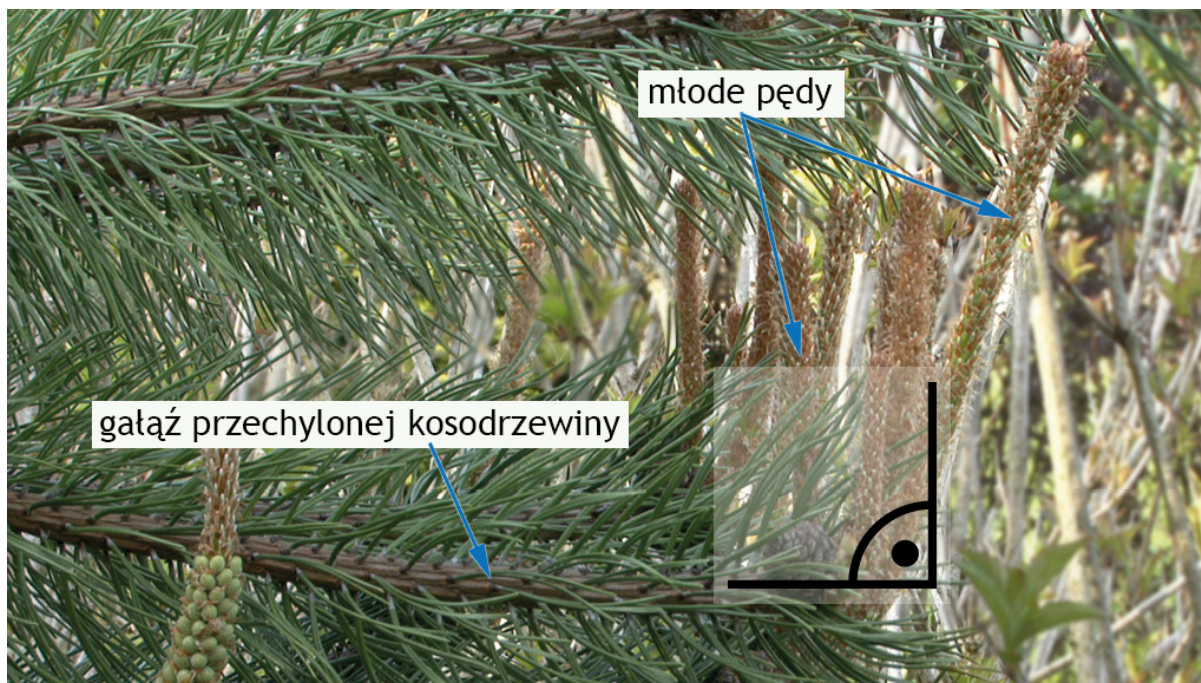
Rośliny nie mają żadnego odpowiednika układu nerwowego. Jednakże, jak każda istota żywa, reagują na **bodźce**. Bodźcami dla roślin są na przykład fale świetlne, siła grawitacji, dotyk (ucisk lub wstrząs) oraz zmiana oświetlenia w ciągu dnia i nocy (rytm dobowy). Reakcje roślin to **ruchy organów roślinnych**, ale także **zakwitanie** o odpowiedniej porze roku czy przechodzenie w **stan spoczynku** zimowego. Wśród reakcji ruchowych roślin wyróżniamy dwa zasadnicze rodzaje ruchów roślin: tropizmy i nastie.

| Bodziec       |                                                                                     | Tropizm      | Nastia       |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Światło       |   | fototropizm  | fotonastia   |
| Grawitacja    |  | geotropizm   | _____        |
| Dotyk/wstrząs |  | tigmotropizm | sejsmonastia |
| Temperatura   |  | _____        | termonastia  |

Niektóre reakcje ruchowe roślin

### 2.2. Tropizmy

**Tropizmy** są kierunkowymi ruchami wzrostowymi. Kierunkowość oznacza, że reakcja rośliny zależy od kierunku działania bodźca. Ruch wzrostowy polega na tym, że roślina lub jej organ rośnie w określonym miejscu zależnie od działania bodźca. Jeśli ruch organu skierowany jest w stronę działającego bodźca, mówimy o tropizmie dodatnim, jeśli w stronę przeciwną – o tropizmie ujemnym.



Pędy większości roślin rosną w górę - wykazują geotropizm ujemny

**Fototropizm** to reakcja ruchowa roślin na światło. Przykładem może być wzrost łodygi w stronę światła (fototropizm dodatni). Z kolei korzenie najczęściej rosną w głąb podłoża (geotropizm dodatni).

**Tigmotropizm** to reakcja ruchowa roślin na dotyk. Przykładem może być owijanie się pnączy wokół podpór (tigmotropizm dodatni).

#### Ciekawe!

Heliotropizm to ruch polegający na zmianie ustawienia kwiatów i liści tak, aby cały czas były zwrócone w stronę Słońca. Na tym polu kwiaty wszystkich słoneczników „podążają” za Słońcem.



## 2.3. Nastie

W **nastiach** ważne jest natężenie (siła) działania bodźca. Jeśli natężenie to będzie dostatecznie duże, nastąpi reakcja ruchowa rośliny. Kierunek ruchu



zależy jednak od budowy organu, a nie od kierunku działania bodźca. Nastie najczęściej wynikają ze zmiany stopnia uwodnienia pewnych komórek. Tylko niektóre nastie są ruchami wzrostowymi. W porównaniu z tropizmami ruchy nastyczne są znacznie szybsze.

**Fotonastia** to reakcja ruchowa na światło. Przykładem fotonastii jest otwieranie się kwiatów maciejki wieczorem (przy małym natężeniu światła) i zamykanie rano (gdy natężenie światła rośnie).

Składanie liści mimozy pod wpływem dotknięcia lub delikatnego wstrząsu jest przykładem **sejsmonastii**. Mechanizm składania liści mimozy jest bardzo prosty – pod wpływem bodźca napężniałe komórki znajdujące się u podstawy listków nagle tracą wodę. Zmniejszenie objętości komórek powoduje, że liście w tych miejscach składają się jak scyzoryk. Po kilku minutach od momentu, gdy działanie bodźca ustało, pęczniejące komórki powodują rozkładanie się liści.



Mimosa znana jest z wrażliwości na najłżejsze dotknięcie

Wiele roślin zamyka kwiaty, gdy robi się chłodno, i otwiera, kiedy temperatura otoczenia wyraźnie rośnie. Mówimy wówczas o **termonastii**. Przykładem mogą być krokusy i tulipany.

## 2.4. Podsumowanie



## **Podsumowanie**

1. Reakcje roślin, które zależą od kierunku działania bodźca, nazywamy tropizmami (np. fototropizm, geotropizm), a niezależne – nastiami (np. fotonastie, termonastie – np. zamykanie się lub otwieranie kwiatów).

2. Oba typy reakcji są najczęściej wynikiem ruchów wzrostowych i dlatego obserwujemy je w częściach roślin zdolnych do wzrostu.

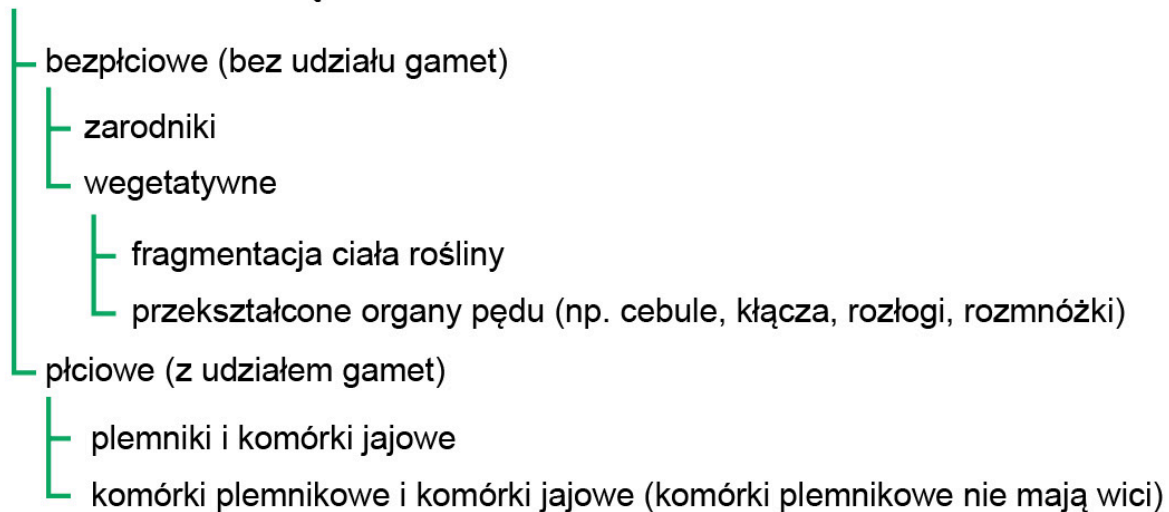
3. Nastie mogą być także następstwem zmian uwodnienia (turgoru) komórek w organach roślinnych.

## 3. Rozmnażanie się roślin

### 3.1. Przemiana pokoleń

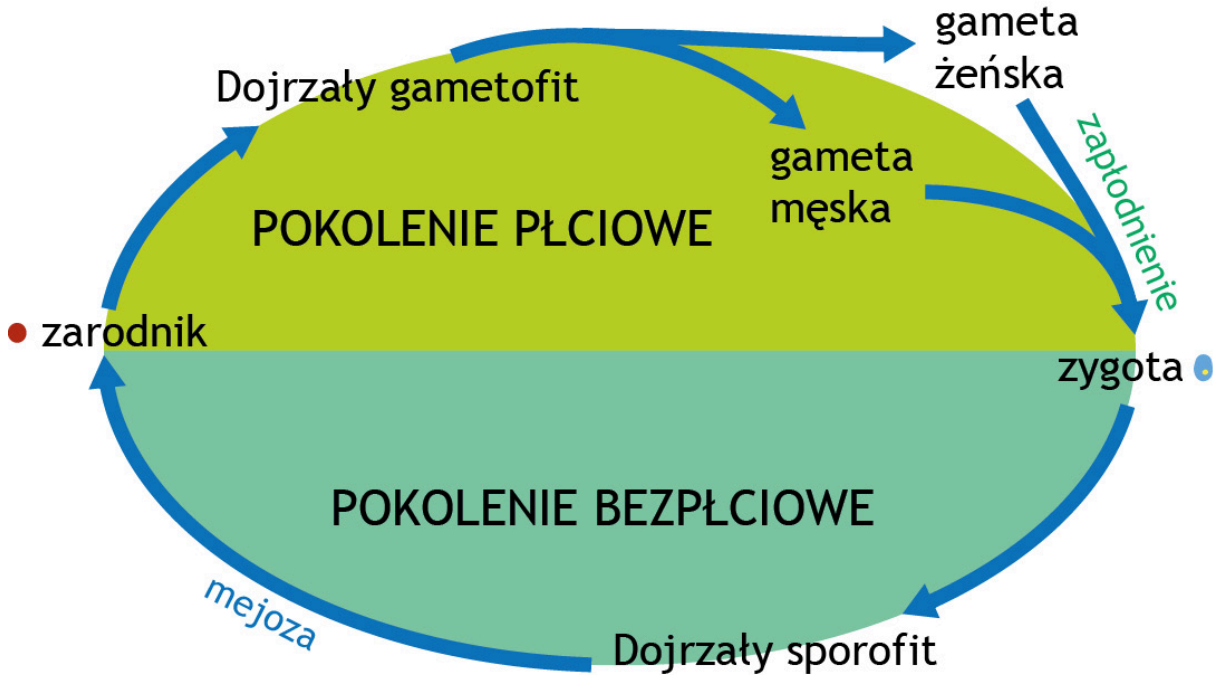
Wszystkie rośliny rozmnażają się bezpłciowo i płciowo. **Rozmnażanie bezpłciowe** polega na oddzieleniu od rośliny macierzystej pojedynczych komórek (spor, czyli zarodników) lub większego fragmentu ciała, z którego następnie wyrastają osobniki potomne. Rozmnażanie bezpłciowe roślin zachodzące przez podział organów wegetatywnych to **rozmnażanie wegetatywne**. Podczas **rozmnażania płciowego** powstają komórki rozrodcze (gamety). W wyniku połączenia gamet (zapłodnienia) powstaje zygota, z niej rozwija się zarodek (zawiązek nowej rośliny). Pod względem genetycznym roślina potomna różni się od rodziców, chociaż jest do nich podobna.

#### Rozmnażanie się roślin



Jak już wielokrotnie wspominaliśmy, w cyklu życiowym wszystkich roślin lądowych występuje **przemiana pokoleń**, czyli cykliczne następstwo pokolenia rozmnażającego się płciowo i pokolenia rozmnażającego się bezpłciowo. Pokoleniem rozmnażającym się płciowo jest, jak wiesz, **gametofit**, natomiast pokoleniem rozmnażającym się bezpłciowo jest sporofit. Dojrzałe gametofity wytwarzają generatywne organy rozrodcze: **rodnie** i **plemnie**. W tych pierwszych powstają **żeńskie komórki rozrodcze** (komórki jajowe), w drugich - **męskie komórki rozrodcze**. Zapłodnienie prowadzi do powstania zygoty i dalej zarodka. Z zarodka

rozwija się sporofit. W **zarodniach** dojrzałego sporofitu powstają **zarodniki**. W odpowiednich warunkach wilgotności i temperatury z zarodników rozwijają się gametofity.



Schemat ogólny przemiany pokoleń u roślin

Uwaga: przemiana pokoleń występuje także u wielu glonów i grzybów. Opisano ją także u nielicznych zwierząt.

### 3.2. Rozwój rośliny

Zawiązki organów wegetatywnych roślin znajdują się już w **zarodkach**. Zarodki mszaków oraz paprotników nie są osłonięte i czerpią substancje odżywcze z gametofitu. U roślin nasiennych zarodki ukryte są w specjalnych organach przetrwalnych – **nasionach**.

Zewnętrzną warstwą nasienia jest **łupina nasienna**, która chroni przed szkodliwymi czynnikami środowiska (grzybami, wysychaniem oraz uszkodzeniami mechanicznymi). Łupina może też ułatwiać rozsiewanie, dzięki dodatkowym strukturom lotnym lub czepnym. W nasieniu znajduje się zarodek i tkanka odżywcza. Zarodek ma **korzeń zarodkowy** (zawiązek korzenia), **pęd zarodkowy** (zawiązek pędu) oraz **liścienie** (liście zarodkowe). U roślin okrytonasiennych tkanką odżywczą nasienia jest **bielmo**.





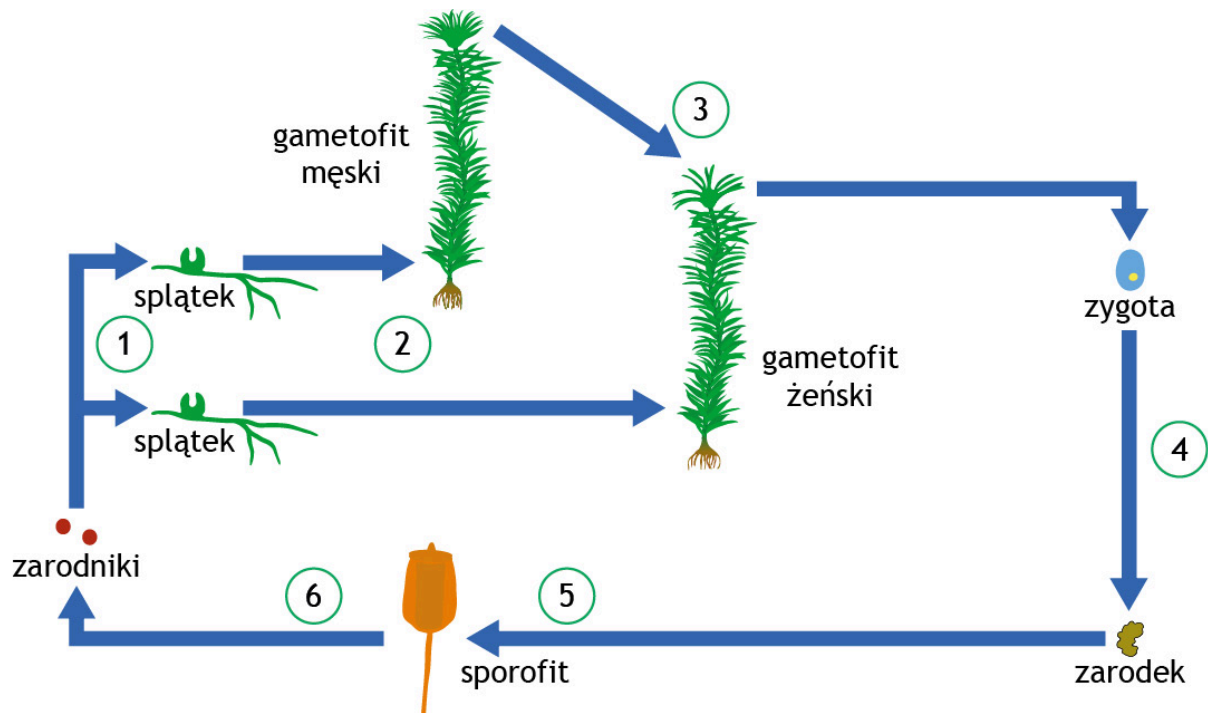
Nasiona, po oddzieleniu od rośliny macierzystej, wchodzi w stan **spoczynku** (może on trwać nawet kilka lat). Spoczynek nasion zostaje przerwany, gdy warunki zewnętrzne staną się korzystne (odpowiednia temperatura, wilgotność, dostęp tlenu, a czasem także światło). Podczas **kielkowania** jako pierwszy rozwija się korzeń, dopiero później łodyga. Szybki rozwój korzenia umożliwia kiełkującej roślinie rozpoczęcie pobierania wody i soli mineralnych. Rozwijająca się łodyga zwykle jest wygięta jak rączka parasola. Dzięki temu delikatne komórki stożka wzrostu łodygi nie muszą się przebijać przez grudki gleby. Rosnąca łodyga szybko się prostuje.



Kielkowanie fasoli

### 3.3. Cykle rozwojowe roślin zarodnikowych

U mszaków pokoleniem dominującym jest trwały, samożywny gametofit (sporofit mszaków jest nietrwały i odżywiany przez gametofit). Przemianę pokoleń mszaków możemy poznać, analizując cykl rozwojowy mchu płonnika.

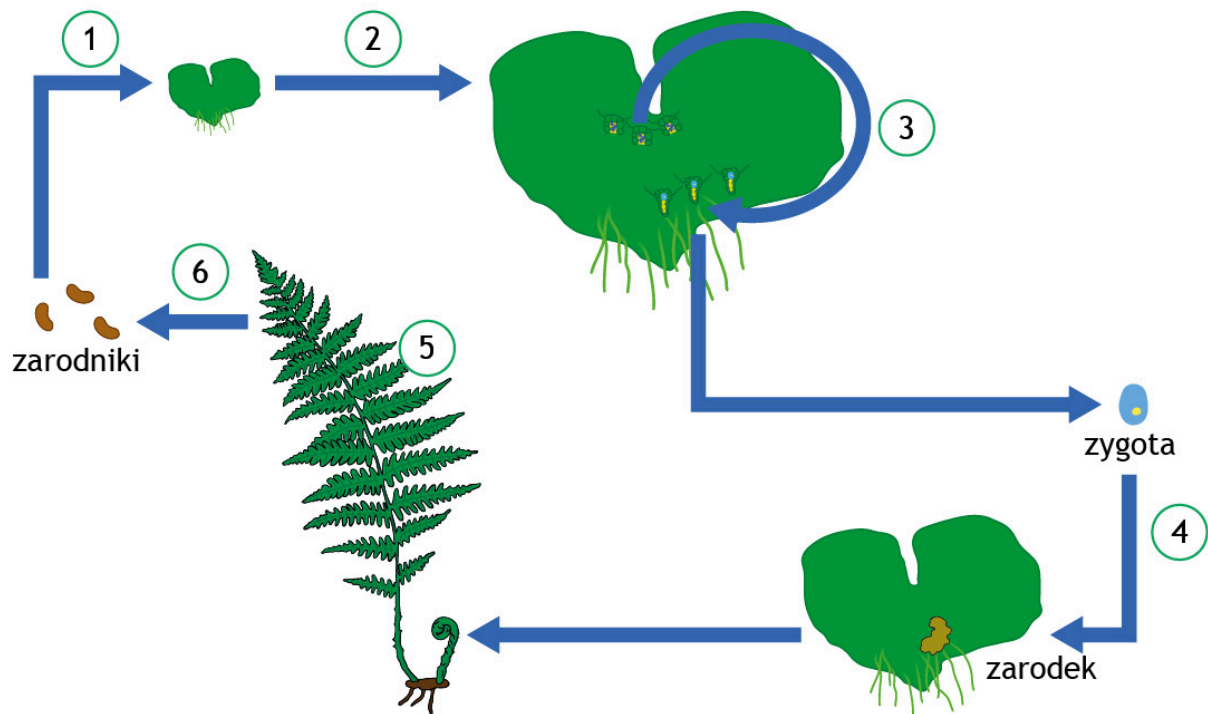


### Cykl rozwojowy mchu płonnika (przemiana pokoleń)

1. Zarodniki kiełkują i wytwarzają splątki. **Splątki** – młodociane formy gametofitu – są samożywne i mają nitkowatą budowę.
2. Splątki gromadzą produkty fotosyntezy, rosną i przekształcają się we właściwe gametofity. Mech płonnik jest gatunkiem dwupiennym – na jednych gametofitach wyrastają rodnie, a na innych plemnie. W rodniach powstają komórki jajowe, a w plemniach plemniki.
3. W obecności wody uwicione, ruchliwe plemniki dostają się z plemni do rodni, gdzie następuje zapłodnienie.
4. Zygota rozwija się w zarodek - młodocianą postać sporofitu. Zarodek wytwarza bezlistną łodyżkę, która wrasta podstawą w gametofit i z niego czerpie substancje odżywcze.
5. Na szczycie bezlistnej łodyżki rozwija się zarodnia (puszka zarodnionośna), w której powstają zarodniki.
6. Wieczko dojrzałej zarodni odpada i zarodniki się wysypują.

U paprotników pokoleniem dominującym jest sporofit – najczęściej dość okazała wieloletnia roślina zielna. Co prawda, gametofit jest rośliną samodzielną, ale niewielką, nietrwałą i mającą plechową budowę. Przemianę pokoleń paproci możemy poznać, analizując cykl rozwojowy nercznicy samczej (jest on bardzo podobny jak u paprotki zwyczajnej).





#### Cykl rozwojowy nerecznicy samczej (przemiana pokoleń)

1. Zarodniki kiełkują i wytwarzają plechowate gametofity (sercowatego kształtu), czyli przedrośla. Są one samożywne i cechują się prostą budową, m.in. mają chwytniki.
2. Po pewnym czasie przedrośla wytwarzają rodnie oraz plemniki (paproć ta jest gatunkiem jednopiennym). Podobnie jak u mszaków, w rodnach powstają komórki jajowe, a w plemniach plemniki.
3. Zapłodnienie zachodzi w obecności wody. Uwicione, ruchliwe plemniki dostają się do rodni, gdzie jeden łączy się z komórką jajową.
4. Zygota rozwija się w zarodek, z którego wyrasta sporofit. Początkowo młody sporofit czerpie substancje odżywcze z przedrośla.
5. Na spodniej stronie liści dojrzałego sporofitu rozwijają się zarodnie. W nich powstają zarodniki.
6. Dojrzałe zarodnie otwierają się (pękają) i zarodniki się wysypują.

**Uwaga:** plemniki mszaków i paprotników opatrzone są wiciami, a zapłodnienie wymaga obecności wody.

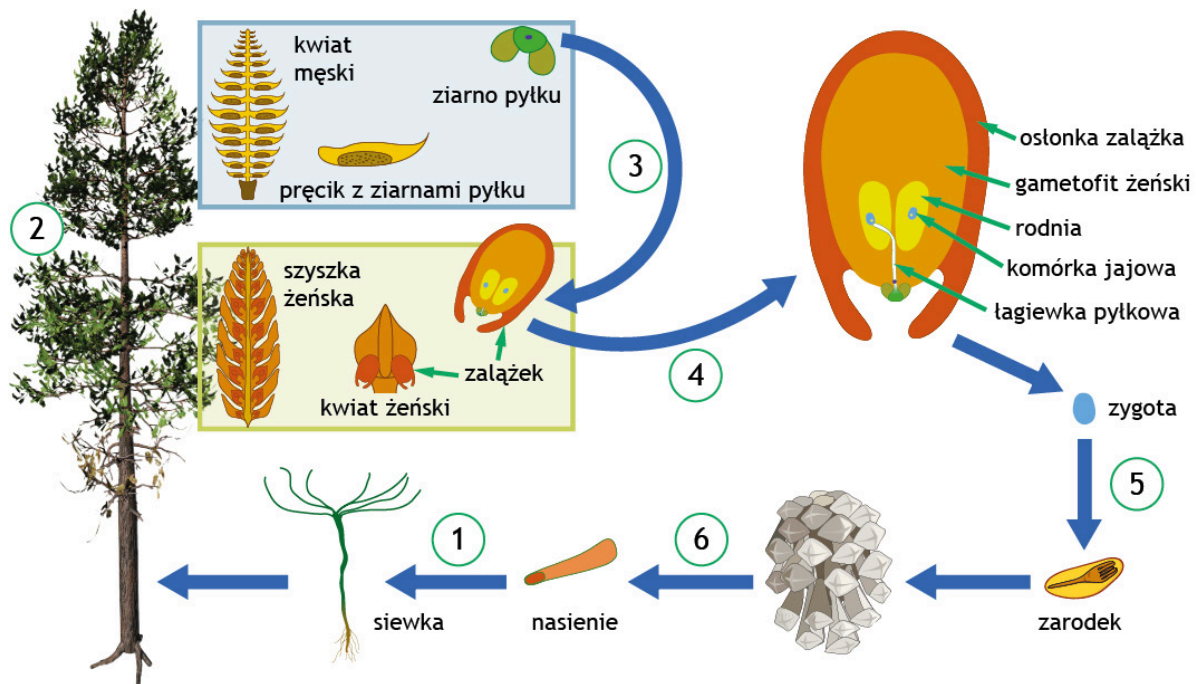
### 3.4. Cykle rozwojowe roślin nasiennych

U mszaków i paprotników łatwo wykazać przemianę pokoleń z „osobnym” gametofitem i sporofitem. W przypadku roślin nasiennych stwierdzono ją dopiero po dokładnych badaniach anatomicznych i fizjologicznych. U wszystkich roślin nasiennych pokoleniem dominującym

jest sporofit. Gametofity roślin nasiennych zostały bardzo zredukowane i w zasadzie stanowią tylko niewielką część kwiatów. Mikroskopijnej wielkości gametofit żeński rozwija się w **załążku** (element kwiatu żeńskiego) i jest w pełni uzależniony od sporofitu. Gametofit męski (kiełkujące **ziarno pyłku**) po zapyleniu wytwarza łągiewkę pyłkową przenoszącą do komórki jajowej nieruchliwe komórki plemnikowe.

Zauważ, że zapłodnienie nie wymaga obecności wody, choć zawsze jest poprzedzone zapyleniem.

Przemianę pokoleń roślin nagonasiennych można poznać, analizując cykl rozwojowy sosny zwyczajnej.



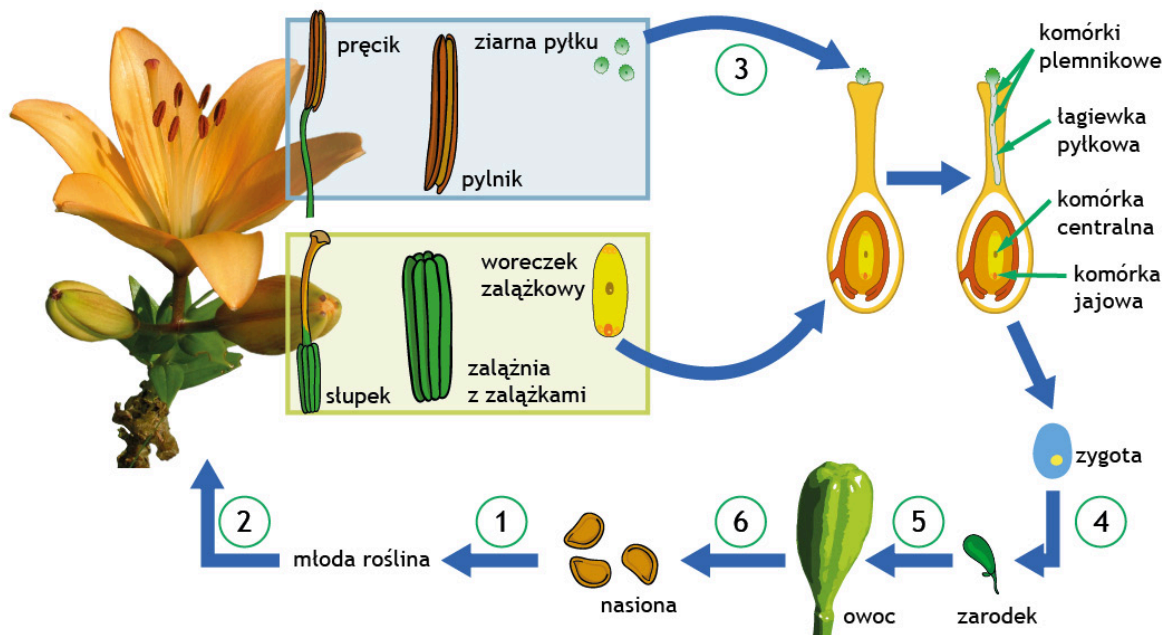
### Cykl rozwojowy sosny zwyczajnej (przemiana pokoleń)

1. Nasienie kiełkuje i wyrasta z niego siewka. Początkowo siewka korzysta z zapasów zgromadzonych w tkance odżywczej nasienia.
2. Po osiągnięciu dojrzałości sporofit (okazałe drzewo) po raz pierwszy zakwita (sosna jest jednopienna). Częścią kwiatów żeńskich są załążki, męskich – pręciki. W załążkach rozwijają się gametofity żeńskie z rodniami i komórkami jajowymi. W pręcikach powstają gametofity męskie – ziarna pyłku.
3. Następuje zapylenie (przypomnijmy, że sosna jest rośliną wiatropylną).
4. Po zapyleniu ziarno pyłku wytwarza łągiewkę pyłkową, którą komórki plemnikowe dostają się do rodni. Tam jedna z nich zapładnia komórkę jajową.

5. Zygota rozwija się w zarodek, zalążek zaś przekształca się w nasienie (łupina nasienna powstaje z osłonki zalążka). Nasiona sosny osadzone są po dwa na łuskach nasiennych w szyszce.

6. Dojrzałe, zdrewniałe szyszki otwierają się i następuje wysyp nasion.

Z kolei przemianę pokoleń roślin okrytonasiennych możemy poznać, śledząc cykl rozwojowy lilii (przedstawiciela jednoliściennych).



### Cykl rozwojowy lilii (przemiana pokoleń)

1. Nasionie kiełkuje (początkowo młoda roślina korzysta z zapasów zgromadzonych w tkance odżywczej nasienia).

2. Po osiągnięciu dojrzałości sporofit zakwita. Lilia ma kwiaty obupłciowe (ze słupkiem i pręcikami). W zalążni słupka powstają zalążki, w nich rozwijają się kilkukomórkowe gametofity żeńskie – woreczki zalążkowe z komórkami jajowymi i komórkami centralnymi. W pylnikach wytwarzane są ziarna pyłku (gametofity męskie).

3. Po zapyleniu (lilia jest rośliną owadopylną) ziarno pyłku wytwarza łagiewkę pyłkową, która wrasta w słupek, aż do woreczka zalążkowego. W łagiewce wędrują dwie komórki plemnikowe. Jedna zapładnia komórkę jajową, druga komórkę centralną woreczka zalążkowego.

4. Zygota rozwija się w zarodek (z jednym liścieniem), zapłodniona komórka centralna – w tkankę odżywczą (bielmo).

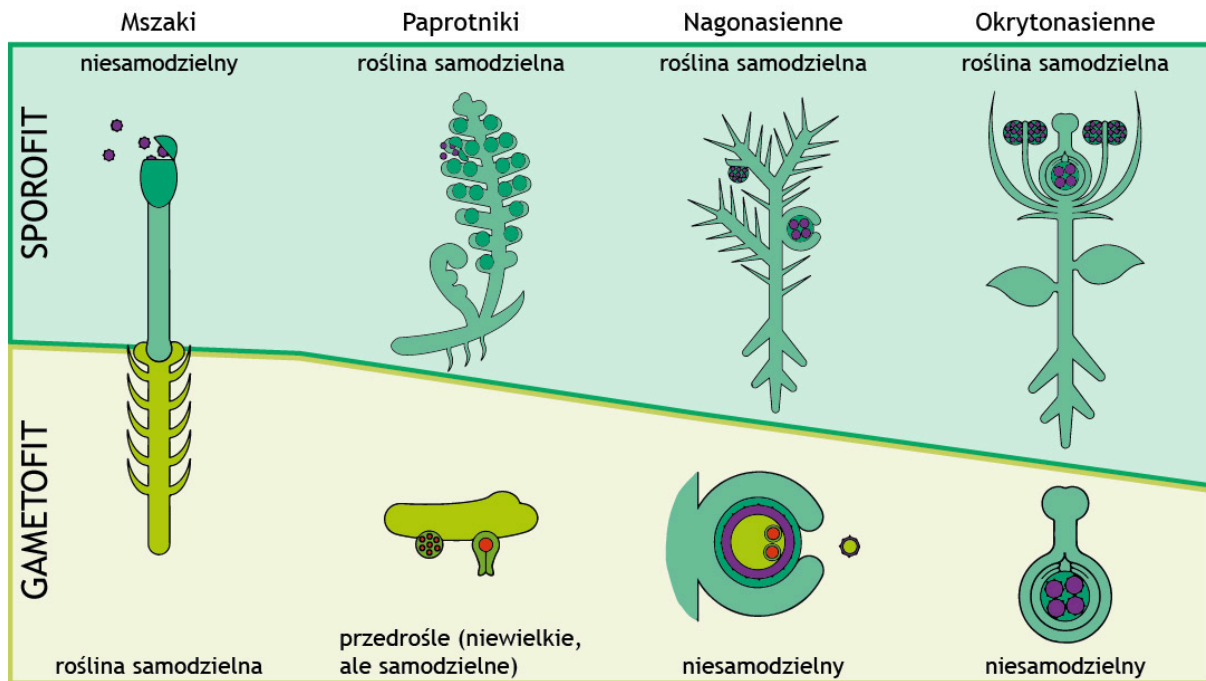
5. Zalążek przekształca się w nasienie, a zależnia w ścianę owocni. Owocem lilii jest torebka.

6. Dojrzałe torebki otwierają się, wysypując nasiona.



### 3.5. Porównanie cykli rozwojowych roślin

Porównajmy teraz **przemianę pokoleń** u roślin. Zauważ, że u zarodnikowych występują rodnie i plemnie, a zapłodnienie wymaga obecności wody. Nasienne wytwarzają ziarna pyłku, zalążki i nasiona. Zapłodnienie nie wymaga więc obecności wody. Widać też, że tylko u mszaków pokoleniem dominującym jest gametofit. U paprotników jest jeszcze niewielką, ale samodzielną rośliną. Gametofit roślin nasiennych jest już tylko niewielką „częścią” wbudowaną w tkanki sporofitu.



### 3.6. Podsumowanie

1. Rośliny rozmnażają się bezpłciowo i płciowo. Rozmnażanie bezpłciowe roślin polega na wytwarzaniu zarodników (komórek), podziale kłaczy, bulw lub wytworzeniu specjalnych płożących się pędów – rozłogów (rozmnażanie się wegetatywne).
2. W cyklu życiowym roślin występuje przemiana pokoleń polegająca na naprzemiennym występowaniu pokolenia rozmnażającego się bezpłciowo (sporofitu) i pokolenia rozmnażającego się płciowo (gametofitu).
3. Dojrzały sporofit – pokolenie bezpłciowe – wytwarza w zarodniach odporne na wysychanie zarodniki (spory), z których w odpowiednich warunkach rozwija się gametofit.

4. Dojrzały gametofit – pokolenie płciowe – wytwarza w gametangiach (plemniach i rodnich) gamety. Z zapłodnionej komórki jajowej rozwija się zarodek sporofitu.

5. Nasiona są organami przetrwalnikowymi składającymi się z zarodka, łupiny nasiennej (pełni funkcję ochronną) i tkanki odżywczej.

6. U mszaków pokoleniem dominującym jest trwały, samożywny gametofit (tworzy go ulistniona łodyżka). Gametofity paprotników (przedrośla) są niewielkimi, chociaż samodzielными roślinami. Wieloletnia, okazała roślina paprotników jest sporofitem.

7. U roślin nasiennych nastąpiła dalsza redukcja gametofitu.

8. U roślin okrytonasiennych (inaczej okrytozalążkowych) nasiona ochrania sucha lub mięsista owocnia rozwijająca się najczęściej ze ścian zalążni słupka.

## 4. Panel kontrolny Rozdziału VI

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu VI (na [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

### 4.1. Polecenia kontrolne

#### Polecenia do lekcji 1. Odżywianie się i transport substancji

1. Wyjaśnij, w jaki sposób woda jest transportowana z gleby do liści.
2. Zapisz ogólny schemat przebiegu fotosyntezy.
3. Wykaż związek fazy ciemnej z fazą jasną fotosyntezy.

#### Polecenia do lekcji 2. Ruchy roślin

1. Wymień podstawowe reakcje ruchowe roślin.
2. Wyjaśnij, czym są tropizmy i podaj ich trzy przykłady.
3. Porównaj tropizmy z nastiami.

#### Polecenia do lekcji 3. Rozmnażanie się roślin

1. Omów na przykładach sposoby bezpłciowego rozmnażania się roślin.
2. Wyjaśnij, co to jest przemiana pokoleń, sporofit i gametofit.
3. Narysuj ogólny schemat przebiegu cyklu rozwojowego roślin.
4. Porównaj budowę gametofitów i sporofitów mszaków, paprotników i roślin nasiennych.
5. Wykaż przystosowania w rozmnażaniu się i rozwoju roślin do lądowego trybu życia.

### 4.2. Ważne pojęcia

• fotosynteza • faza jasna • faza ciemna • siła asymilacyjna • asymilacja dwutlenku węgla • osmoza • transpiracja • kiełkowanie • ruchy roślin • tropizmy • nastie • przemiana pokoleń • sporofit • gametofit • kwiat • zapylenie • zapłodnienie • woreczek zalążkowy • łagiewka • nasiona • łupina nasienna • zarodek • liścienie • bielmo • owoce • owocnia



# System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



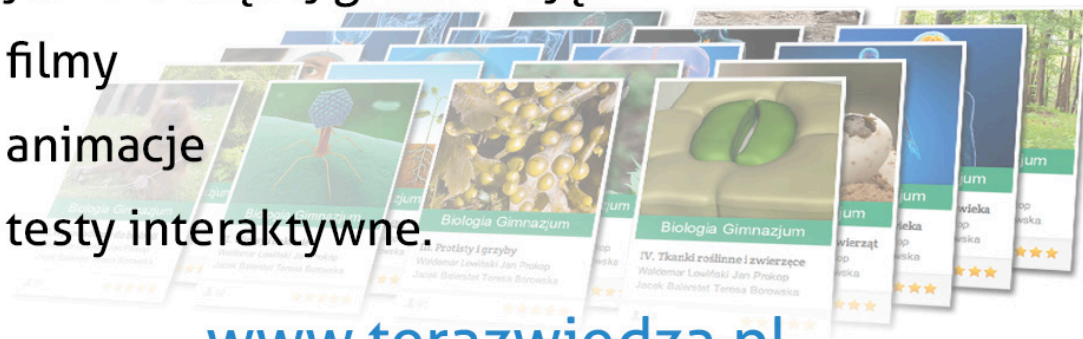
filmy



animacje



testy interaktywne.



[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)

Sprawdź już teraz!

## VII. Królestwo zwierząt



# 1. Gąbki i parzydełkowce - zwierzęta o najprostszej budowie

## 1.1. Wstęp

Przypomnijmy, że **królestwo zwierząt** tworzą cudzożywne organizmy eukariotyczne, w większości tkankowe. **Tkanki** najczęściej tworzą wyspecjalizowane **narządy**, na przykład mózg, żołądek i serce. Określone narządy tworzą zaś **układy narządów**, jak choćby układ nerwowy, układ pokarmowy czy mięśniowy.

Zwierzęta tradycyjnie dzielimy na dwie charakterystyczne grupy: **bezkęgowce** i **kręgowce**. Bezkręgowce, czyli zwierzęta, które nie mają kręgosłupa omówimy jako pierwsze.

| Bezkręgowce   | Kręgowce |
|---------------|----------|
| Gąbki         | Ryby     |
| Parzydełkowce | Płazy    |
| Płazińce      | Gady     |
| Nicieńce      | Ptaki    |
| Pierścienice  | Ssaki    |
| Stawonogi     |          |
| Mięczaki      |          |

Grupy bezkręgowców i kręgowców omawiane w gimnazjum





Bezkęgowce (straszyk) i kręgowce (gekon oraz niedźwiedź). Straszyka i gekona rzeczywiście sfotografowaliśmy na... ramieniu uczennicy. W przypadku niedźwiedzia nie ryzykowaliśmy - użyliśmy programu komputerowego

## 1.2. Gąbki

Do niewielkiej grupy zwierząt, które nie wytwarzają tkanek i cechują się bardzo prostą budową należą **gąbki**. Ścianę ciała tych zwierząt budują zaledwie dwie warstwy komórek. Każda warstwa jest przy tym dość luźnym związkiem kilku rodzajów komórek. Większość gąbek ma mineralny lub rogowy szkielet. Niektóre gąbki kształtem przypominają wazony, ale wiele gatunków nie ma określonego kształtu.



Gąbki morskie (z prawej widoczne są szkielety gąbki greckiej, używanej do... kąpieli)

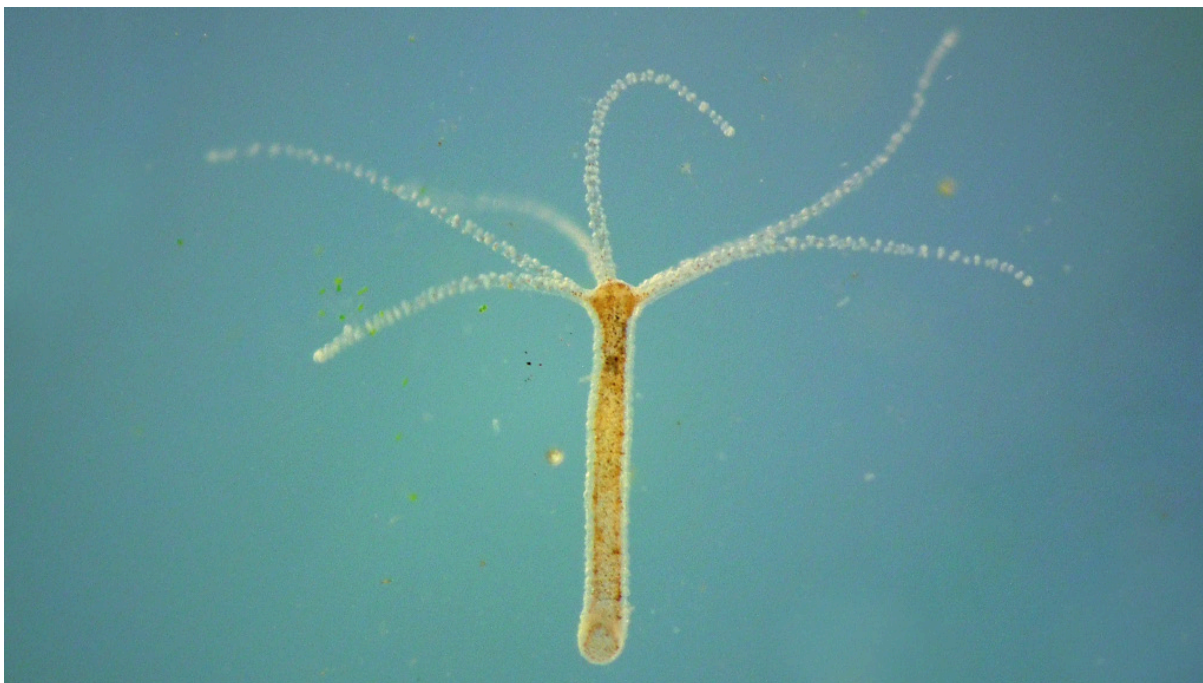
Gąbki odżywiają się filtrując wodę z zawiesiną organiczną, która przepływa przez liczne otwory w ich ciele. Są zwierzętami osiadłymi. Większość gąbek żyje w morzach, tylko nieliczne w wodach słodkich. Przykładem takiej gąbki jest nadecznik (żyje w czystych jeziorach, także w Polsce).

### 1.3. Parzydełkowce

Najprostszymi zwierzętami tkankowymi są **parzydełkowce** – drapieżne organizmy wodne polujące na przykład na drobne skorupiaki, ryby lub larwy owadów. Parzydełkowce spotkać można głównie w morzach. Mniej ich żyje w czystych i dobrze natlenionych wodach słodkich.

Parzydełkowce dzielimy na: **stulbiopławy**, **krażkopławy** i **korallowce**.





Stułbiopław - stułbia pospolita (Jez. Dobrze, Pomorze)



Krażkopław - chełbia modra (Zatoka Pucka)

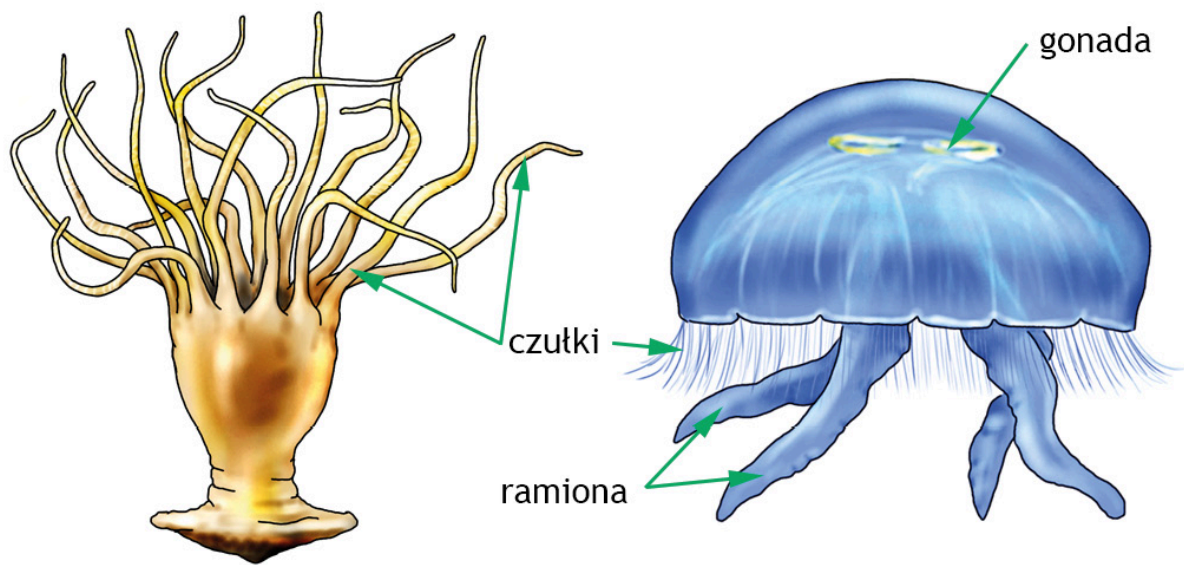


Koralowiec bezszkieletowy - ukwiał (Morze Karaibskie)

## 1.4. Parzydełkowce - budowa

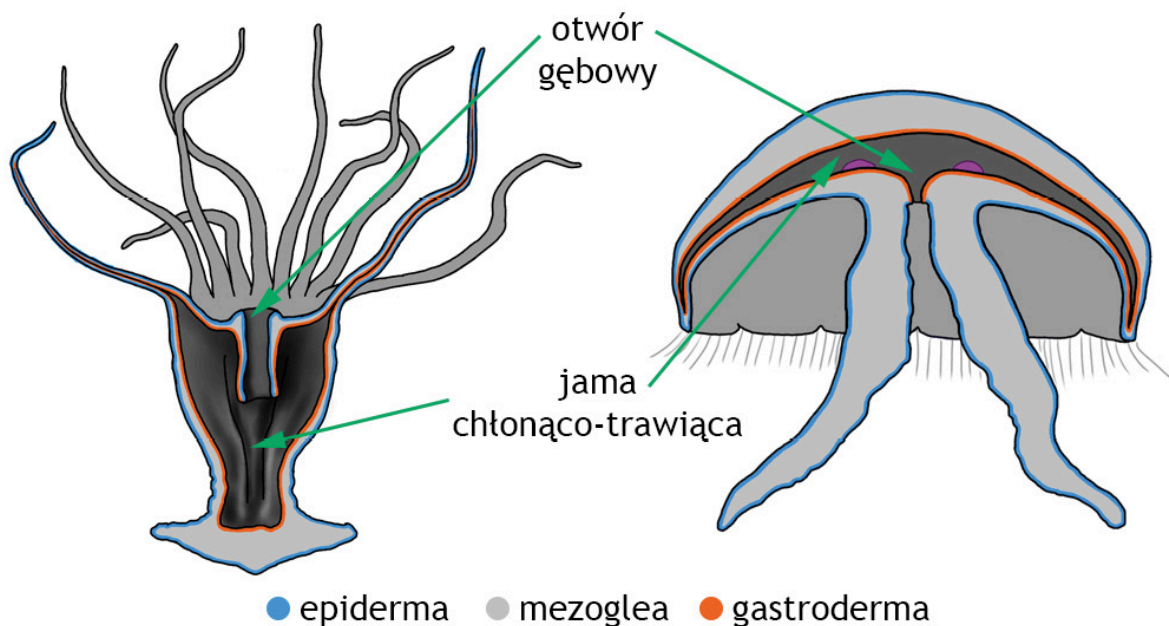
Parzydełkowce występują w postaci osiadłego polipa lub wolno pływającej meduzy. Workowate ciało **polipa** otoczone jest wieńcem ramion (czułek) i ma otwór gębowy skierowany do góry. Polip przytwierdzony jest do podłoża tak zwaną stopą. Parasolowate ciało **meduzy** ma otwór gębowy skierowany w dół.





### Formy morfologiczne parzydełkowców - polip i meduza

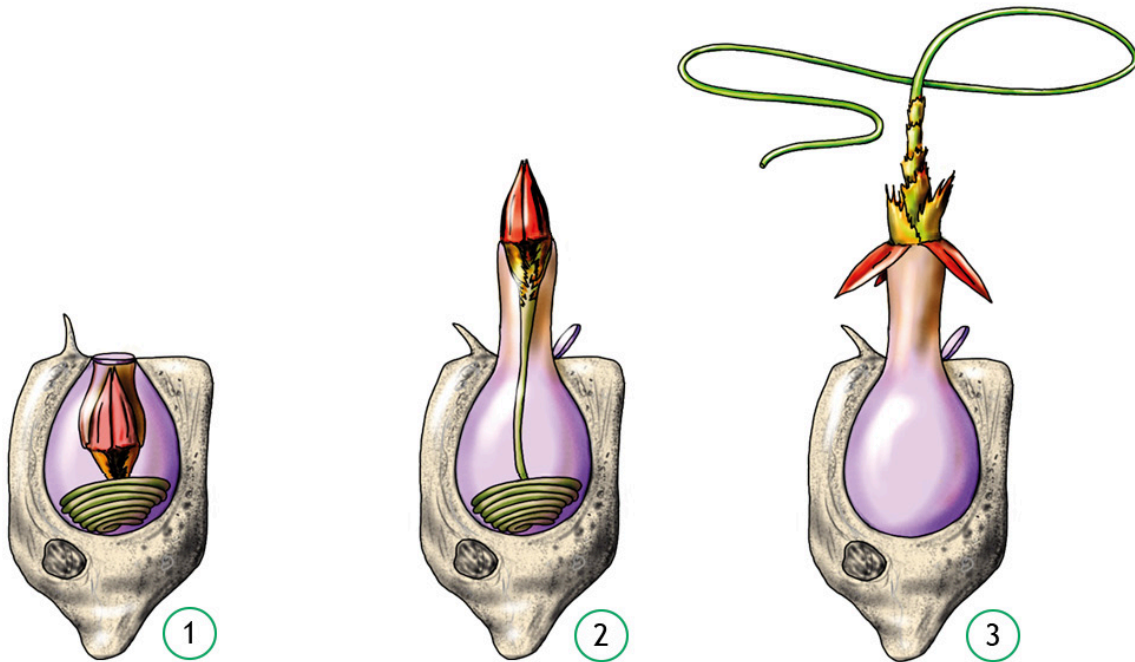
Ścianę ciała parzydełkowców tworzą dwie warstwy komórek: **epiderma** (zewnętrzna) oraz **gastroderma** (wewnętrzna). Między nimi znajduje się galaretowata substancja – **mezoglea**. Zwykle mezoglea polipów jest dość cienka, natomiast u meduz – gruba. Epiderma i gastroderma są jednowarstwowymi nabłonkami.



### Budowa anatomiczna polipa i meduzy

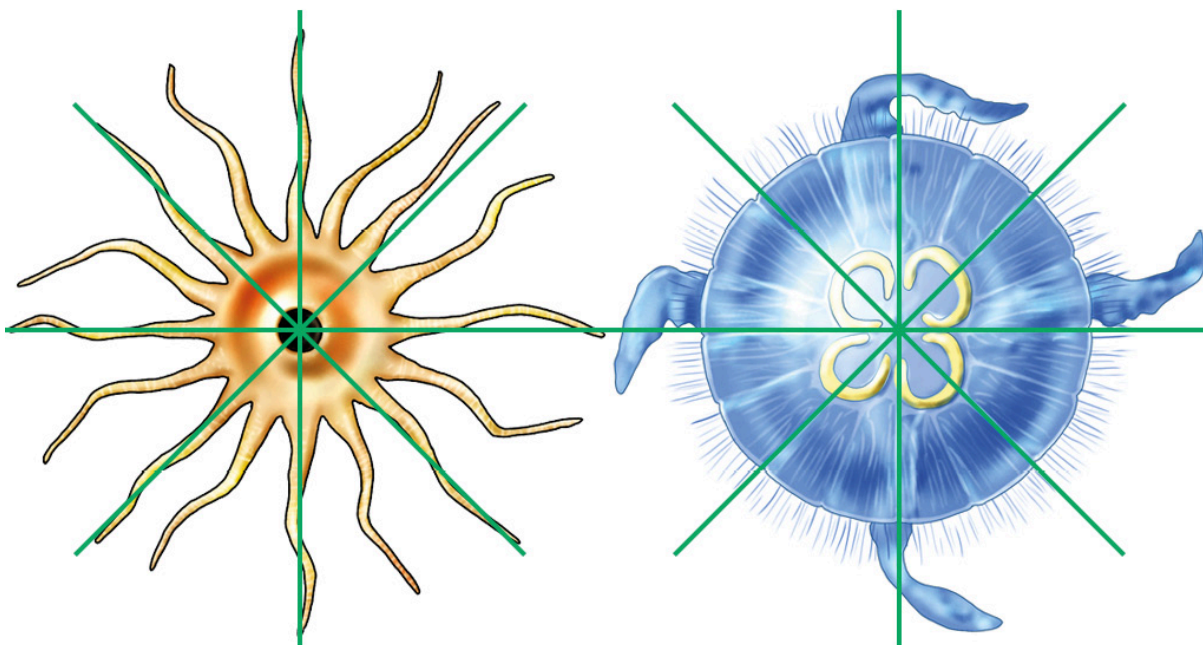
W epidermie znajdują się między innymi **komórki parzydełkowe** oraz **nerwowe**. Neurony tworzą bardzo prosty **układ nerwowy** (parzydełkowce nie mają mózgu). W gastrodermie występują komórki produkujące i wydzielające enzymy trawienne. W obu warstwach znajdują się komórki kurczliwe odpowiadające za ruch.

Nazwa „parzydełkowce” pochodzi od **parzydełek** – specjalnych struktur wykorzystywanych do ataku i obrony. Każde parzydełko jest częścią komórki parzydełkowej. Komórki parzydełkowe znajdują się w epidermie. Najczęściej parzydełka wypełnione są parzącą cieczą i zawierają zwiniętą nicią. Podrażnione parzydełko strzela nicią i parzącą zawartością. Baterie takich parzydełek są niebezpieczną bronią.



Komórka parzydełkowa przed wystrzeleniem (1), w momencie wystrzelenia (2) oraz po wystrzeleniu (3)

Parzydełkowce mają **promienistą symetrię ciała**. To oznacza, że takie zwierzęta nie mają „boków” ani „przodu” i „tyłu” ciała, odbierają więc bodźce środowiskowe ze wszystkich stron jednakowo. Parzydełkowce mają tylko otwór gębowy, nie mają otworu odbytowego. Wnętrze ciała zajmuje **jama chłono-trawiąca**.

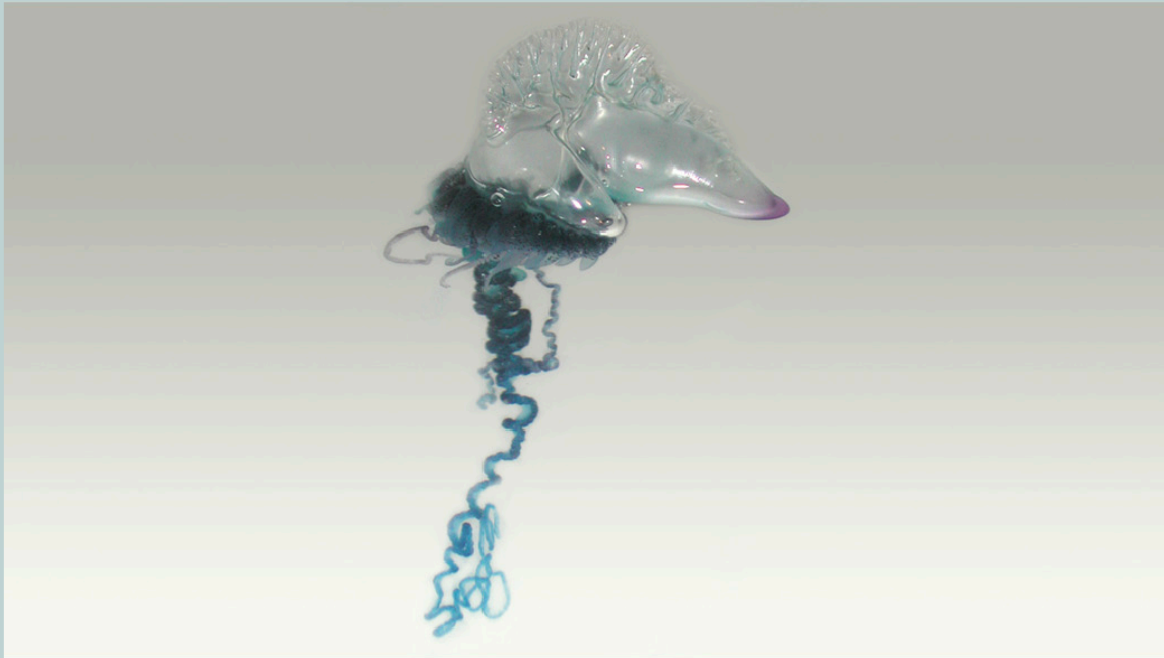


Przez ciało polipa i meduzy można przeprowadzić wiele płaszczyzn symetrii (przecinają one główną oś ciała: górną-dolną)



### Ciekawe!

Żeglarz portugalski to gatunek kolonijnego stulbiopława. Kolonia liczy kilkadziesiąt osobników. Jeden z nich tworzy unoszący się na powierzchni wody pęcherz z małym żagielkowatym grzebieniem. Osobniki pełniące funkcje odżywcze i obronne „zawieszone są na pniu kolonii” ukrytym pod wodą. Gatunek ten ma bardzo silne parzydelka, które mogą silnie poparzyć kąpielącego się człowieka.



## 1.5. Rify koralowe

Wśród parzydełkowców największe znaczenie mają **korale madreporowe** (takie, jak przedstawiony na zdjęciu). W płytkich, ciepłych rejonach oceanów korale madreporowe tworzą **rafy koralowe**. Przykładem jest Wielka Rafa Barrierowa znajdująca się u wybrzeży Australii. Obumierające korale tworzą też tysiące **atoli** i wysp.



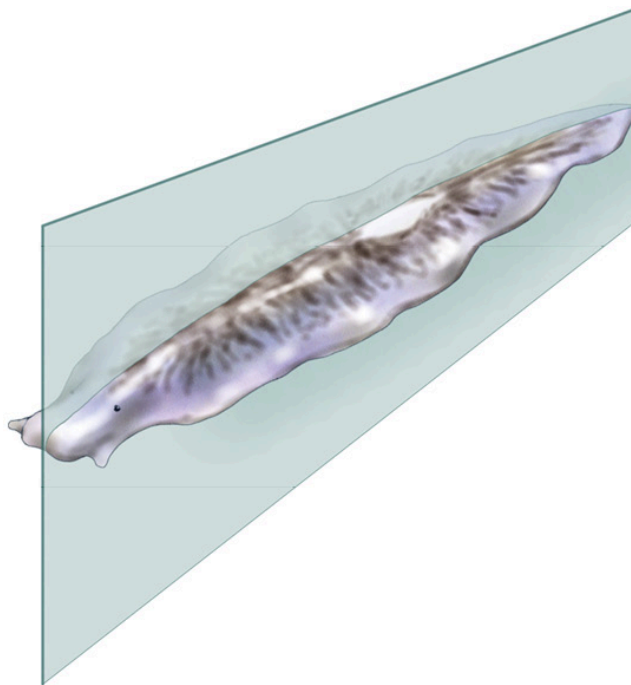
## 1.6. Podsumowanie

1. Gąbki i parzydełkowce są bezkręgowcami. Spośród wszystkich bezkręgowców tylko gąbki są organizmami beztkankowymi.
2. Ciało parzydełkowców tworzą tylko dwie warstwy komórek (stąd określenie - dwuwarstwowce). U parzydełkowców epiderma i gastroderma rozdzielone są bezkomórkową wydzieliną – mezogleą. Parzydełkowce są zwierzętami o symetrii promienistej, mają prosty układ nerwowy i liczne komórki parzydełkowe (pełniące funkcję zaczepno-obronną). Występują w postaci osiadłego polipa lub wolno pływającej meduzy.
3. Parzydełkowce dzielimy na stułbiopławy, krążkopławy i koralowce. Koralowce wytwarzają twarde elementy szkieletowe.

## 2. Płazińce - zwierzęta o ciele silnie spłaszczonym grzbietobrzusznie

### 2.1. Cechy grupy

**Płazińce**, podobnie jak większość zwierząt, są **dwubocznie symetryczne**. To znaczy, że jest tylko jedna płaszczyzna, która dzieli ciało zwierzęcia na dwie symetryczne połowy. Takie zwierzę ma „boki” oraz „przód” i „tył” ciała. Dwubocznie symetryczna budowa jest korzystna dla organizmów wolno żyjących – wydłużone ciało stawia mniejszy opór podczas poruszania się w jednym kierunku (poszukiwania pokarmu, ucieczki przed wrogiem).



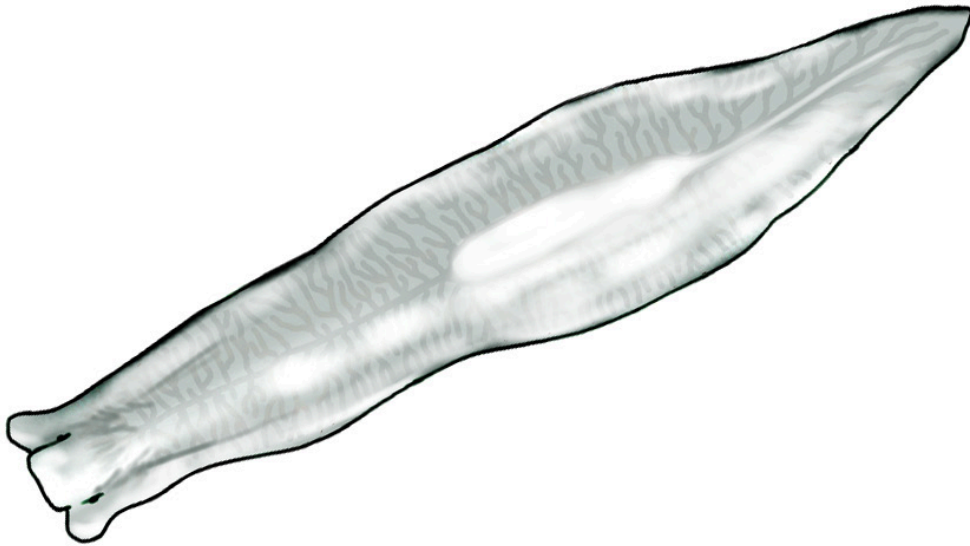
Ciało płazińca ma tylko jedną płaszczyznę symetrii

Kolejną cechą, która odróżnia płazińce od parzydełkowców jest bardziej skomplikowana budowa. Przede wszystkim płazińce są zwierzętami **trójwarstwowymi**. Ich zarodki mają trzy grupy pierwotnych komórek (**listków zarodkowych**): ektodermę, endodermę i mezodermę. Z nich rozwijają się wszystkie narządy i układy.

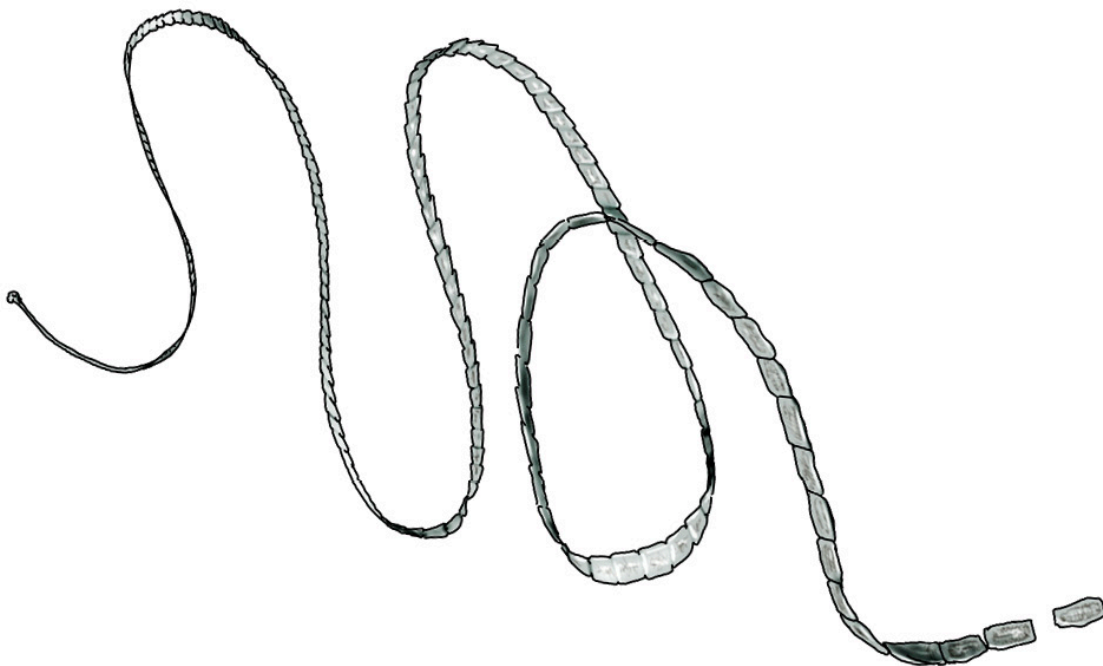
**Uwaga:** dwubocznie symetryczne i trójwarstwowe są także nicienie, pierścienice, stawonogi, mięczaki oraz kręgowce!



Płazińce dzielimy na **wirki**, **tasiemce** i **przywry**.



Należący do wirków wypławek kształtem przypomina wydłużony liść (jest niewielkim drapieżnikiem polującym wśród kamieni i po spodniej stronie liści roślin wodnych)



Ciało większości tasiemców jest członowane (podzielone na człony)



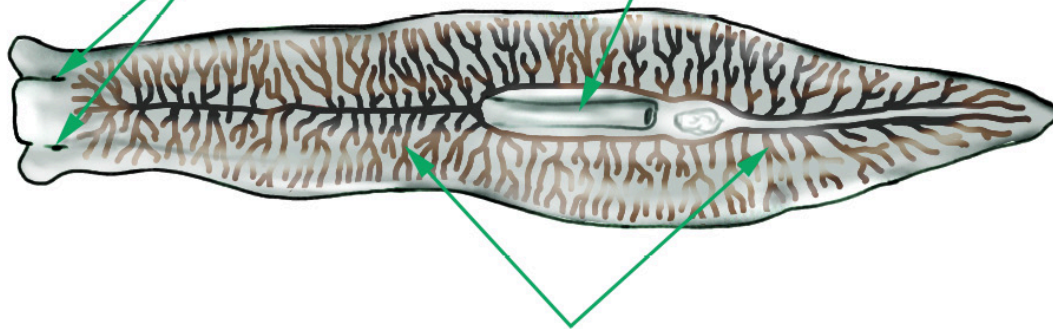
Przywra - motyllica wątrobowa (dorosła postać, żyje w wątrobie bydła, owiec, a czasem człowieka)

## 2.2. Budowa

Ciało płazińców jest wydłużone i **grzbietobrzusznie spłaszczone**. Prawie wszystkie płazińce są obojnakami. Nie wykształciły układu krwionośnego ani oddechowego. Mają natomiast prosty **układ nerwowy** oraz **wydalniczy**. Wirki i przywry mają **układ pokarmowy**. Ciało płazińców (i wszystkich innych bezkręgowców) osłania nabłonek jednowarstwowy. Nabłonek ten u wirków zaopatrzony jest w liczne rzęski. Podczas powolnego przemieszczania się ruch rzęsek wspomaga skurcze mięśni ściany ciała. Nabłonek pokrywający ciało tasiemców oraz przywr jest nieurzęsiony, ale wytwarza białkowy **oskórek** odporny na działanie enzymów trawiennych żywiciela.

plamki oczne w przedniej części ciała  
(rejestrują zmiany natężenia światła)

gardziel (wyplawek  
wysuwa ją podczas ataku)



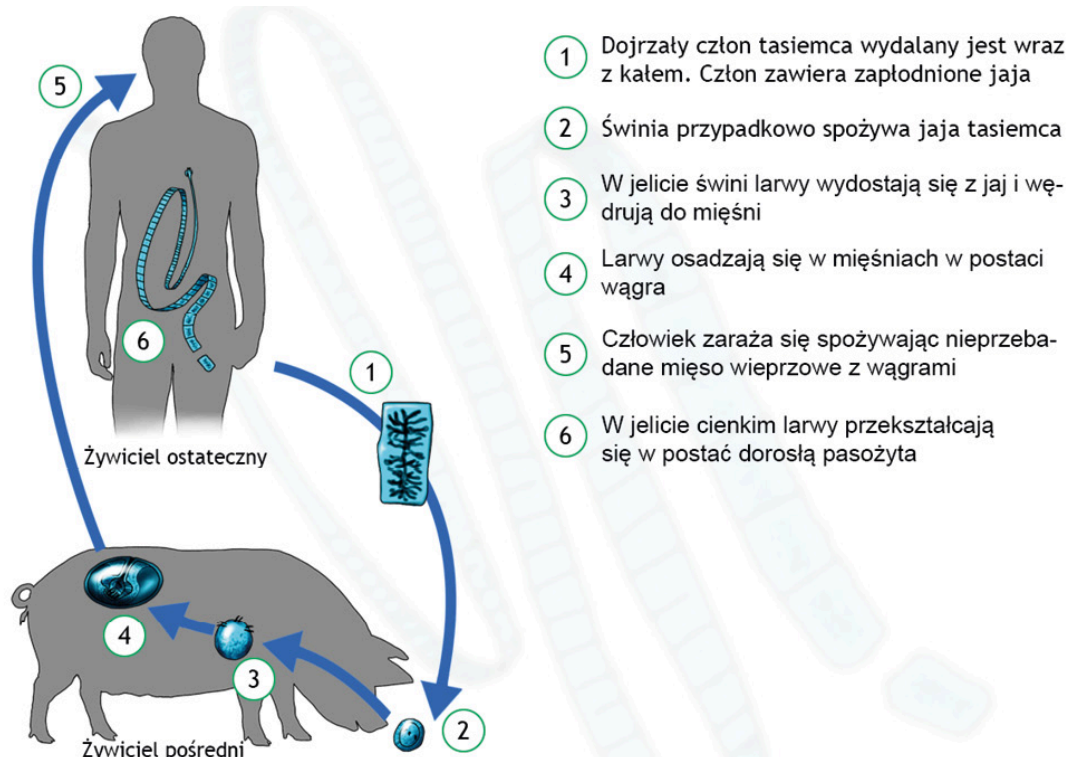
rozgałęzione jelito (strawiony pokarm  
rozprowadzany jest po całym ciele)

Budowa wyplawka - płazińca wolno żyjącego

### 2.3. Płazińce pasożytnicze

Płazińcami pasożytniczymi są **tasiemce** i **przywry**. Wszystkie wykazują specyficzne przystosowania do takiego trybu życia, m.in. przechodzą **skomplikowane cykle rozwojowe** ze zmianą żywicieli. Larwy rozwijają się w **żywicielu pośrednim**. Jeśli dostaną się do organizmu **żywiciela ostatecznego**, przekształcają się w dorosłą (zdolną do rozrodu) postać pasożyta. Na przykład larwy tasiemca uzbrojonego rozwijają się w mięśniach świni, natomiast larwy tasiemca nieuzbrojonego żyją w mięśniach bydła domowego. Zarażenie następuje przez spożycie mięsa z żywymi larwami (wągrami).





### Cykl rozwojowy tasiemca uzbrojonego

Dorośle postaci obu wspomnianych tasiemców pasożytują w jelitach człowieka. Ich taśmowate ciało jest **członowane** (podzielone na człony) i nazywamy je strobilą. Każdy człon zawiera m.in. narządy rozrodcze żeńskie i męskie. Charakterystycznym elementem jest **główka** (skoleks), na której znajdują się **narządy czepne** (umięśnione przyssawki lub wieńce haczyków). Nowe człony powstają cały czas w **szyjce**. W dojrzałych członach dochodzi do zapłodnienia. Najstarsze człony dojrzałe - maciczne - wypełnione są dziesiątkami tysięcy zapłodnionych jaj. Człony te odrywają się od zakończenia ciała i wydalane są z ciała żywiciela wraz z kałem.

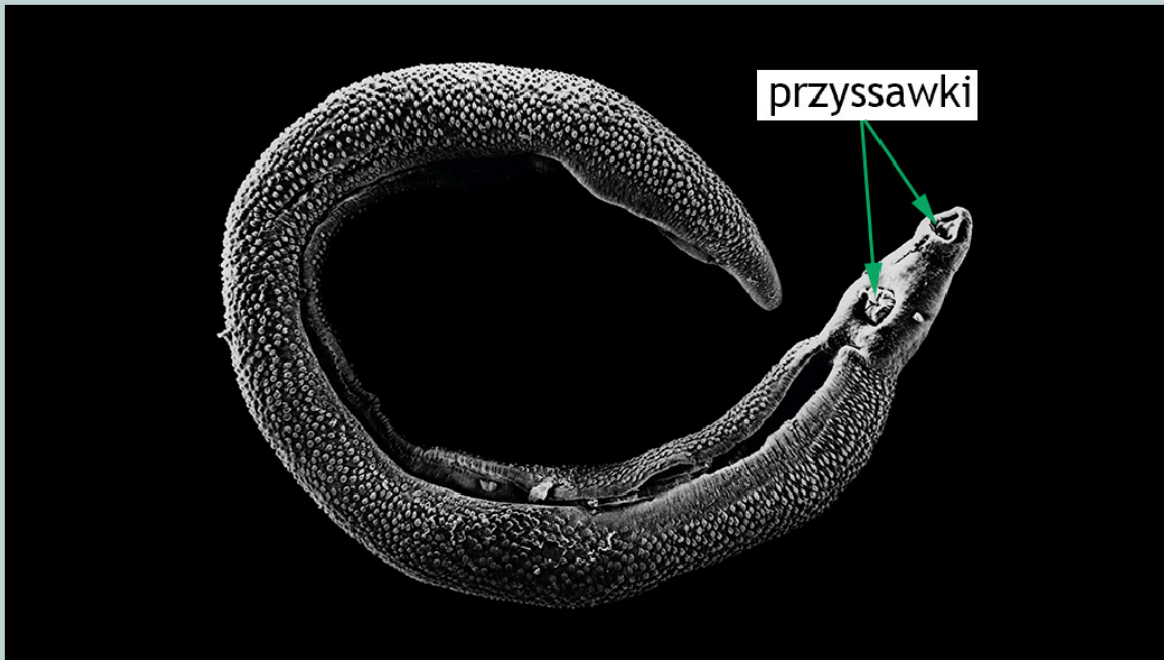
Tasiemce oddychają beztlenowo i po prostu wchłaniają pokarm strawiony przez gospodarza (nie mają układu pokarmowego).



Członowane ciało tasienca nieuzbrojonego jest przystosowane do pasożytowania w jelitach człowieka

**Nie jedz** mięsa, które nie zostało przebadane przez weterynarza – może ono zawierać larwy tasienców (i nie tylko).  
Jeśli nie znasz pochodzenia mięsa lub przetworów mięsnych, staraj się jeść tylko to, co zostało dokładnie usmażone.

**Ciekawe i niebezpieczne!** Przywra krwi - częsty pasożyt żył jamy brzusznej ludzi pracujących na polach ryżowych (larwy wwiercają się przez skórę nóg). Na szczęście przywra krwi nie występuje w Polsce.



## 2.4. Podsumowanie

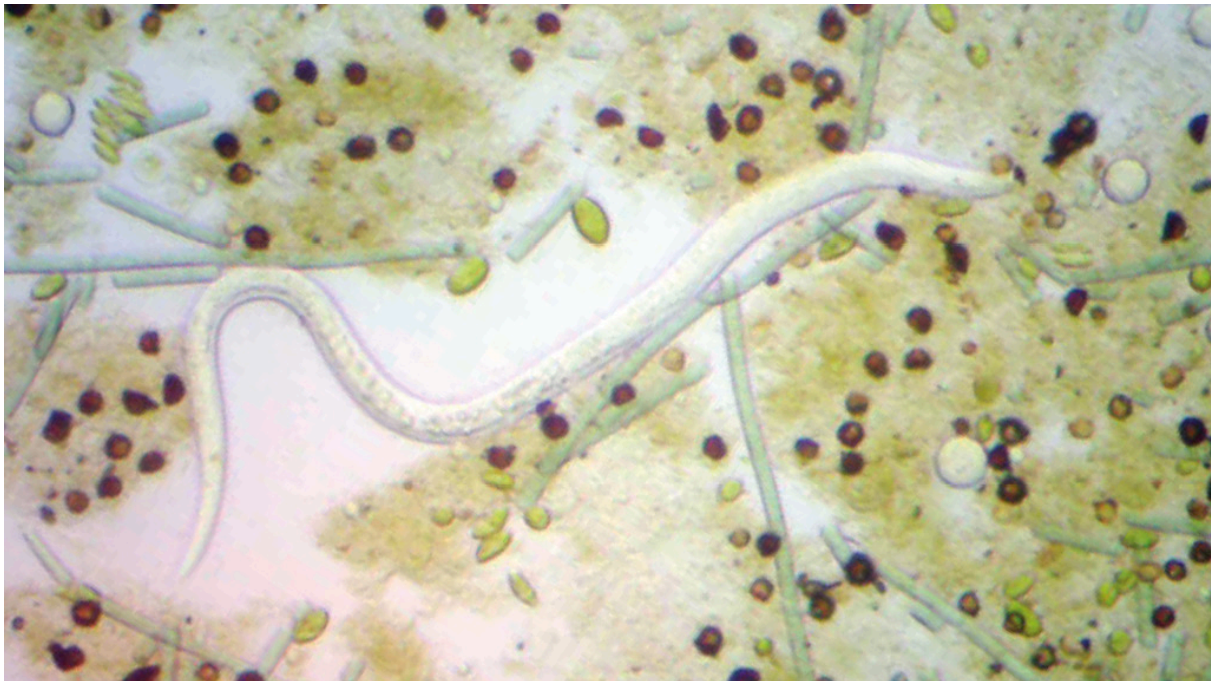
1. Płazińce oraz wyżej uorganizowane bezkręgowce i kręgowce są dwubocznie symetrycznymi trójwarstwowcami, czyli zwierzętami, których organizm ma tylko jedną płaszczyznę symetrii i rozwija się z trzech listków zarodkowych: ektodermy, endodermy i mezodermy.
2. Płazińce mają ciało spłaszczone grzbietobrzusznie. Wykształciły jednootworowy układ pokarmowy (u tasiemców wtórnie zanikł), prosty układ nerwowy i układ wydalniczy.
3. Wśród płazińców występują zarówno formy wolno żyjące (wypławki), jak i pasożytnicze (tasiemce i przywry).



### 3. Nicienie - tryumf prostoty

#### 3.1. Cechy grupy

**Nicienie** należą do najdziwniejszych zwierząt. Ich ciało jest wydłużone (wrzecionowate) i na przekroju poprzecznym **oble** (zbliżone do koła). Większa część nicieni to gatunki wolno żyjące, jednak liczne są także pasożyty roślin i zwierząt. Nicienie zasiedlają niemal wszystkie typy środowisk lądowych i wodnych.

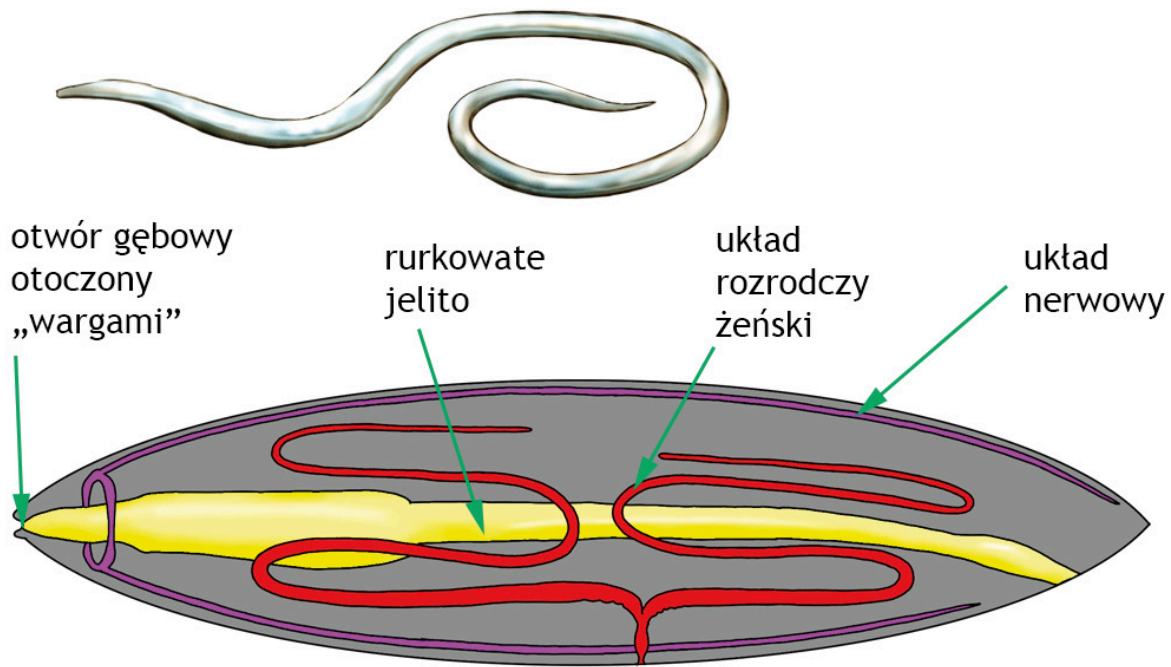


Niewielki, wolno żyjący nicienie występujący w stawach i jeziorach Polski

Ciało nicieni chronione jest przez dość gruby **oskórek**. Nicienie nie mają układu krwionośnego ani oddechowego (gatunki pasożytnicze oddychają beztlenowo). Mają natomiast prosty **układ nerwowy** i **wydalniczy** oraz drożny **przewód pokarmowy**. Nicienie są rozdzielnopłciowe. U wielu gatunków występuje dymorfizm płciowy, na przykład u glisty ludzkiej. **Dymorfizm płciowy** przejawia się różnicami w budowie zewnętrznej samicy i samca jednego gatunku (np. różnice w wielkości, ubarwieniu). Jest skutkiem różnego fizjologicznego przeznaczenia płci w procesie rozmnażanie płciowego.

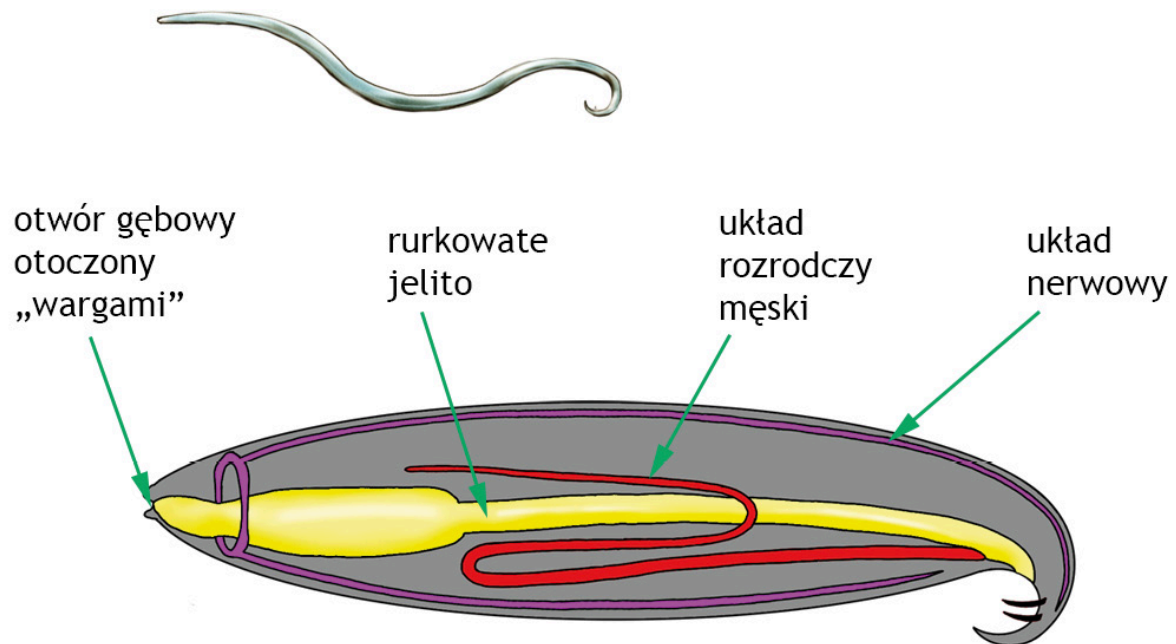
**Uwaga:** w przypadku glisty ludzkiej dymorfizm płciowy nie przejawia się w ubarwieniu. Zarówno samice, jak i samce mają bladoróżowe (różowo-

białe) ciało. Jest to cecha charakterystyczna dla pasożytów wewnętrznych (występujących w jelitach żywiciela).



#### Budowa zewnętrzna i wewnętrzna samicy glisty ludzkiej

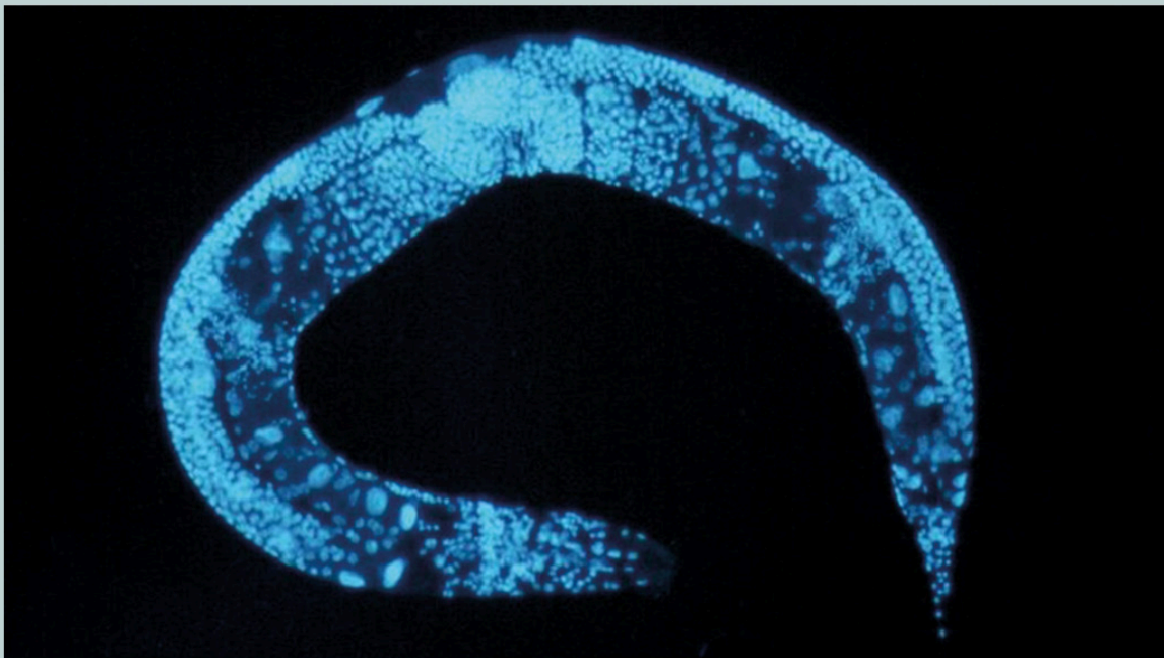
Glista ludzka jest prawdziwym gigantem wśród nicieni. Dojrzała samica mierzy ok. 40 cm długości, samiec jest mniejszy - ma do 20 cm. Zdecydowana większość nicieni to „drobnica” - mają od 0,5 do kilkunastu milimetrów.



### Budowa zewnętrzna i wewnętrzna samca glisty ludzkiej

#### Ciekawe!

Nicień mają **bardzo prostą budowę**. Bez względu na wielkość, ich ciało składa się zaledwie z kilkuset komórek. Nie-skomplikowana budowa i łatwość hodowli powodują, że nicienie często są wykorzystywane do różnych badań. Na przykład mierzący zaledwie 1 mm nicien o wdzięcznej nazwie *Caenorhabditis elegans* jest obiektem badań genetycznych.



### 3.2. Pasożytnictwo

Nicienie pasożytnicze przechodzą **skomplikowane cykle rozwojowe** (z larwami, ale bez zmiany żywiciela). W Polsce dość pospolitym pasożytem roślin uprawnych jest mątwik burakowy. Atakuje on korzenie buraków cukrowych i rzepaku. Zaatakowane rośliny słabo rosną (spadek plonów dochodzi do 30%). Mątwika trudno zwalczać – najlepsze rezultaty daje stosowanie płodozmianu.

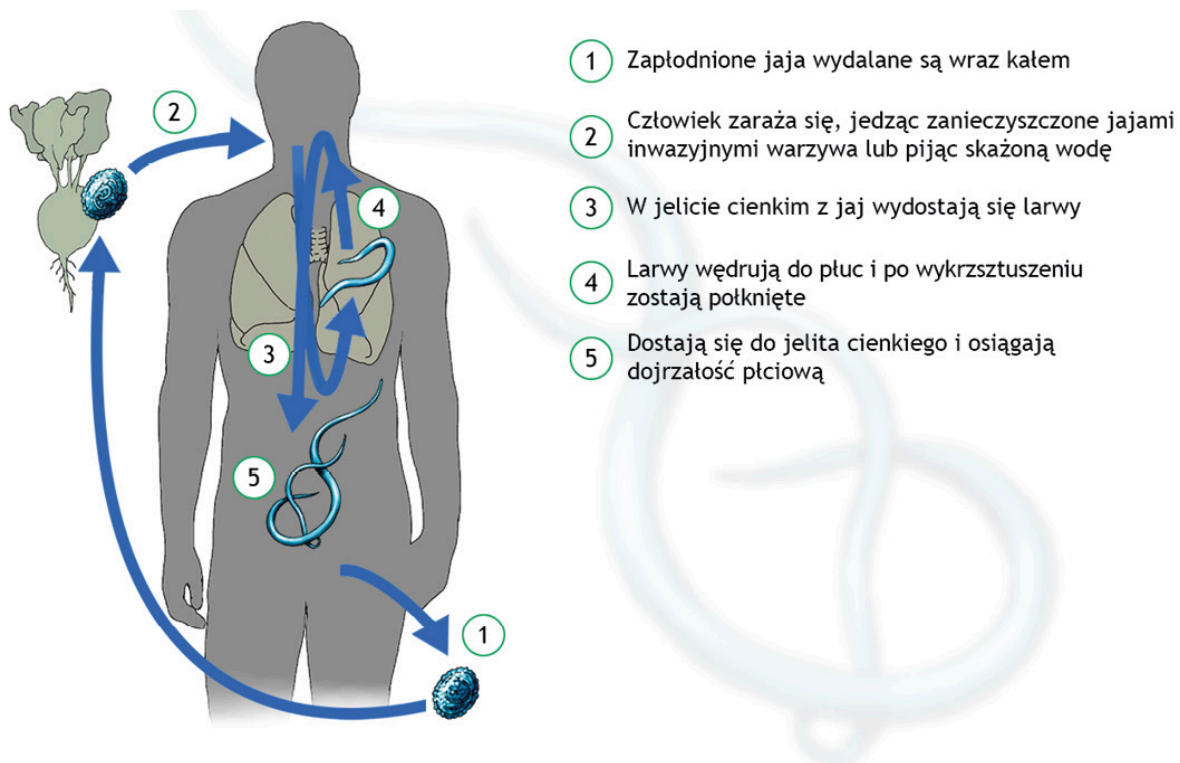
Pasożytami człowieka są: owsik ludzki, glista ludzka oraz włosień kręty. Owsik żyje w jelicie grubym, najczęściej u dzieci. Na łatwość zarażenia wpływa przede wszystkim brak higieny rąk (m.in. dlatego należy myć ręce przed każdym posiłkiem).



Owsik ludzki osiąga zaledwie ok. 1 cm długości (z prawej strony - jaja owsika)

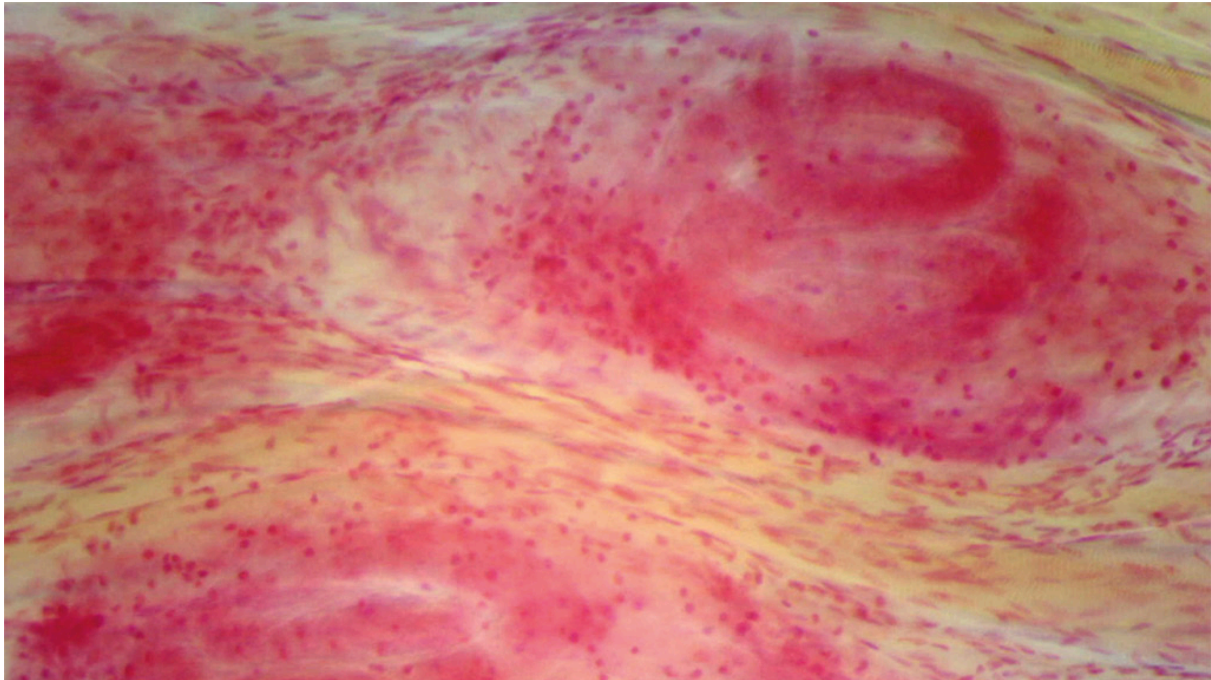
**Glista ludzka** żyje w jelicie cienkim. Zarażenie najczęściej następuje przez zjedzenie nieumytych warzyw i owoców z jajami glisty. Choroba – **glistnica** – może wywoływać różne dolegliwości, na przykład bóle brzucha i brak apetytu.





### Cykl rozwojowy glisty ludzkiej

W Polsce najbardziej niebezpiecznym nicieniem jest **włosień kręty**. Dorosła postać pasożytuje w jelicie cienkim, larwy natomiast rozwijają się w mięśniach poprzecznie prążkowanych. Włosień kręty jest pospolitym pasożytem. Może żyć w ciele człowieka, świni, dzika oraz szczura. Człowiek zaraża się, zjadając mięso z żywymi larwami (najczęściej wieprzowinę lub mięso dzika).



Spiralnie zwinięte larwy włośnia krętego w mięśni szkieletowym

Choroba – **włośnica** – może doprowadzić do śmierci, dlatego w Polsce mięso przeznaczone do spożycia musi zostać przebadane przez weterynarza.

### 3.3. Podsumowanie

1. Nicienie mają wydłużone i walcowate ciało zbudowane z bardzo małej liczby komórek.
2. Ciało nicieni okrywa oskórek odporny na działanie czynników zewnętrznych. Układ pokarmowy zakończony jest odbytem.
3. Wśród nicieni, oprócz form wolno żyjących, spotyka się wiele groźnych pasożytów (glista ludzka, włosień kręty).

## 4. Pierścienice - zwierzęta o ciele podzielonym na segmenty

### 4.1. Cechy grupy

Ciało **pierścienic** jest wydłużone i na przekroju poprzecznym obłe lub lekko spłaszczone. Większość pierścienic to gatunki wolno żyjące, tylko nieliczne są pasożytami. Środowiskiem życia najczęściej jest woda, rzadziej wilgotna gleba. Pierścienice dzielimy na: **wieloszczety**, **skąposzczety** i **pijawki**.

Wieloszczety zamieszkują zwykle dno strefy przybrzeżnej mórz i oceanów. Znane są zarówno gatunki osiadłe, jak i wolno żyjące. Skąposzczety są głównie mieszkańcami zbiorników słodkowodnych i gleby. Gatunki wodne zwykle żyją zagrzebane w mule lub piasku (rureczniki), lądowe drążą korytarze w wilgotnej glebie (dżdżownica ziemna, wazonkowce). Pijawki są słodkowodnymi drapieżnikami lub pasożytami.

Pierścienice mają ciało zbudowane z licznych **segmentów** – pierścieni oddzielonych od siebie poprzecznymi przegrodami. Segmenty ciała skąposzczetów są do siebie bardzo podobne, jedynie pierwszy i ostatni segment różnią się wielkością, budową oraz funkcjami. Wyraźnie segmentowane, wydłużone ciało pijawek zakończone jest jedną lub dwiema **przyssawkami**.





Pierścienice - dżdżownica ziemna. Skąposzczet. Saprofag drążący długie korytarze w glebie. W Polsce pospolita

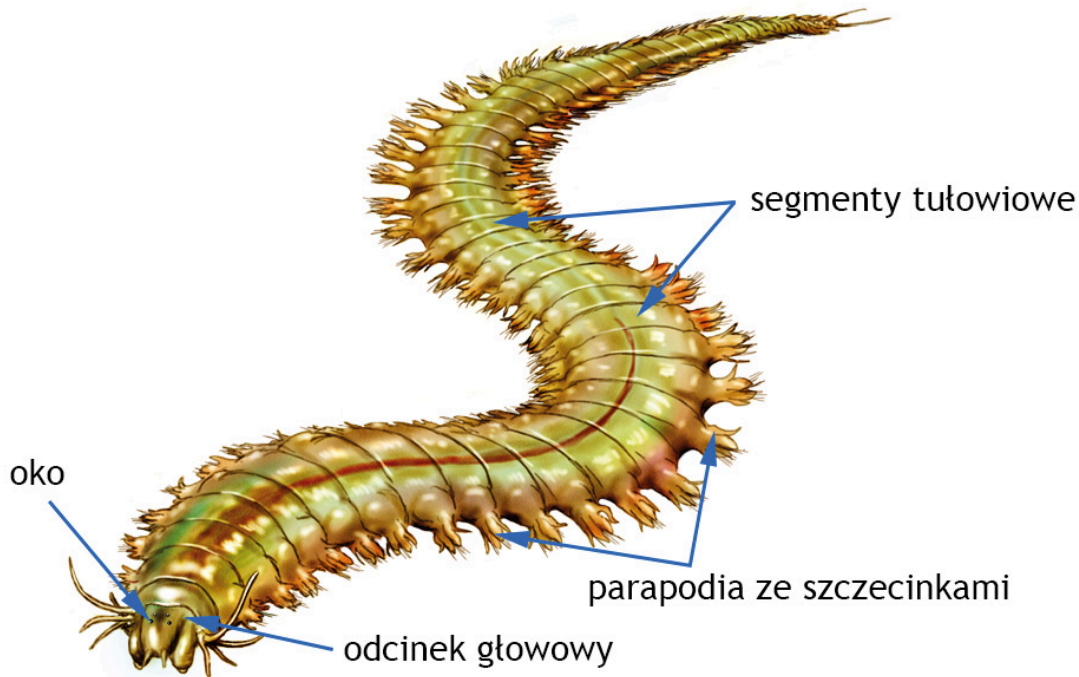


Pierścienice - pijawka końska. Drapieżnik zamieszkujący zbiorniki słodkowodne. Największa pijawka żyjąca w Polsce

Przednie segmenty u wieloszczetów mają najbardziej zmienioną budowę – tworzą **odcinek głowowy**. Segmenty odcinka tułowiowego wieloszczetów



mają boczne wyrostki (pranóza, **parapodia**) ułatwiające poruszanie się. W ruchu pomagają też **szczecinki**, które zahaczają się o podłoże. U licznych wieloszczetów z parapodiów wyrastają silnie ukrwione **wyrostki skrzelowe** (wówczas parapodia są także narządami wymiany gazowej).

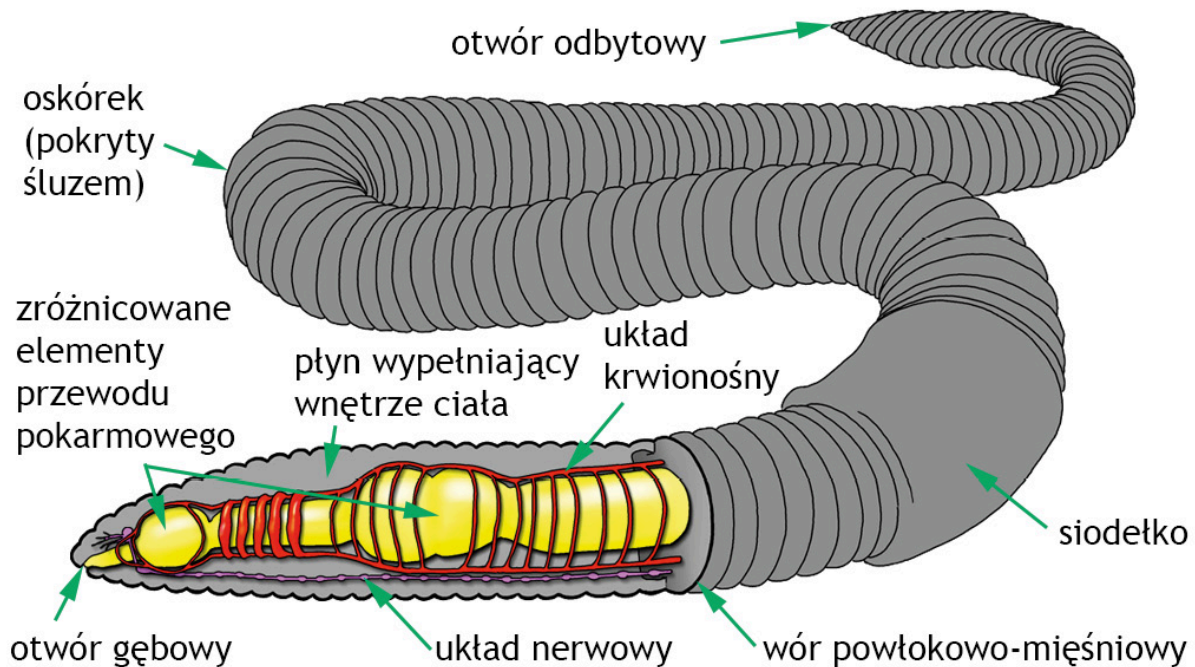


Pierścienice - nereida różnokolorowa. Drapieżny wieloszczet pełzający po dnie w poszukiwaniu drobnych bezkręgowców. Występuje w zachodniej części Bałtyku

## 4.2. Budowa anatomiczna

Ciało pierścienic chronione jest przez cienki **oskórek** pokryty śluzem. Pod oskórkiem i nabłonkiem leżą pasma mięśni podłużnych i okrężnych współtworzących **wór powłokowo-mięśniowy**. Ruchy zwierzęcia powodowane są skurczami odpowiednich pasm mięśni. Zmieniają one wielkość segmentów i powodują przelewanie się płynu wypełniającego jamę ciała.

**Układ pokarmowy** i **układ nerwowy** pierścienic są lepiej rozwinięte niż u wcześniej omawianych grup zwierząt. Pierścienice mają też **zamknięty układ krwionośny**. Skąposzczety i pijawki są obojnakami, wieloszczety często są rozdzielнопłciowe. U większości pierścienic w rozwoju występuje larwa.

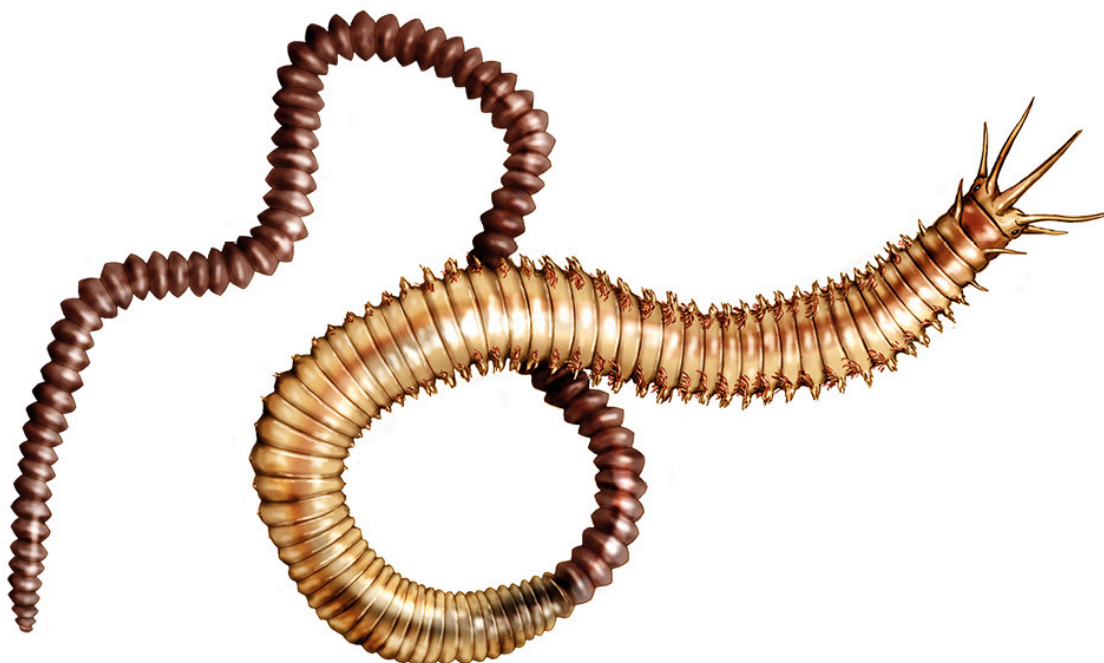


Segmentacja ciała widoczna jest także w budowie anatomicznej dżdżownicy

### 4.3. Znaczenie pierścienic

#### Znaczenie pierścienic w przyrodzie i gospodarce:

- dżdżownice spulchniają i napowietrzają glebę,
- wazonkowce odżywiają się szczątkami organicznymi i odgrywają ważną rolę w samooczyszczaniu się zbiorników wód słodkich,
- rureczniki są gatunkami wskaźnikowymi, inaczej bioindykatorami, co znaczy, że mają wąski zakres tolerancji na określone warunki środowiska,
- pijawki najczęściej są pasożytami zewnętrznymi (przyczepiają się do żywiciela przy pomocy przedniej przyssawki),
- pijawka lekarska od wieków wykorzystywana jest w medycynie (produkuje hirudynę – substancję zapobiegającą krzepnięciu krwi),
- żyjący w Oceanie Spokojnym wieloszczet – robak palolo – jest poławiany przez tubylców i spożywany nawet na surowo.



Robak palolo

#### 4.4. Porównanie pierścienic z nicieniami

W porównaniu z nicieniami pierścienice mają znacznie bardziej skomplikowaną budowę.

| Cecha                        | Glista ludzka (nicień)                         | Dżdżownica ziemna (pierścienica)                                  |
|------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Środowisko życia             | jelito cienkie człowieka                       | gleba                                                             |
| Tryb życia                   | pasożyt wewnętrzny                             | saprofag                                                          |
| Kształt (części ciała)       | walcowane, wydłużone, niepodzielone            | walcowane, wydłużone, podzielone na segmenty (pierścienie)        |
| Układ oddechowy i oddychanie | brak układu oddechowego; oddychanie beztlenowe | brak układu oddechowego; oddychanie tlenowe                       |
| Układ krwionośny i krążenie  | brak; tylko dyfuzja w płynie jamy ciała        | występuje; zamknięty                                              |
| Układ ruchu i lokomocja      | mięśnie wzdłużne ścian ciała; bardzo słaba     | mięśnie wzdłużne i okrężne ścian ciała + szczecinki; dość sprawna |

#### 4.5. Podsumowanie

1. Ciało pierścienic zbudowane jest z segmentów, tak zwanych pierścieni. Segmentacja ciała dotyczy zarówno budowy zewnętrznej, jak wewnętrznej.

2. W budowie anatomicznej po raz pierwszy pojawia się układ krwionośny (zamknięty, bez serca). U wieloszczetów nowymi cechami są także parapodia (funkcja lokomocyjna) i wyrastające z nich wyrostki skrzelowe (funkcja wymiany gazowej).



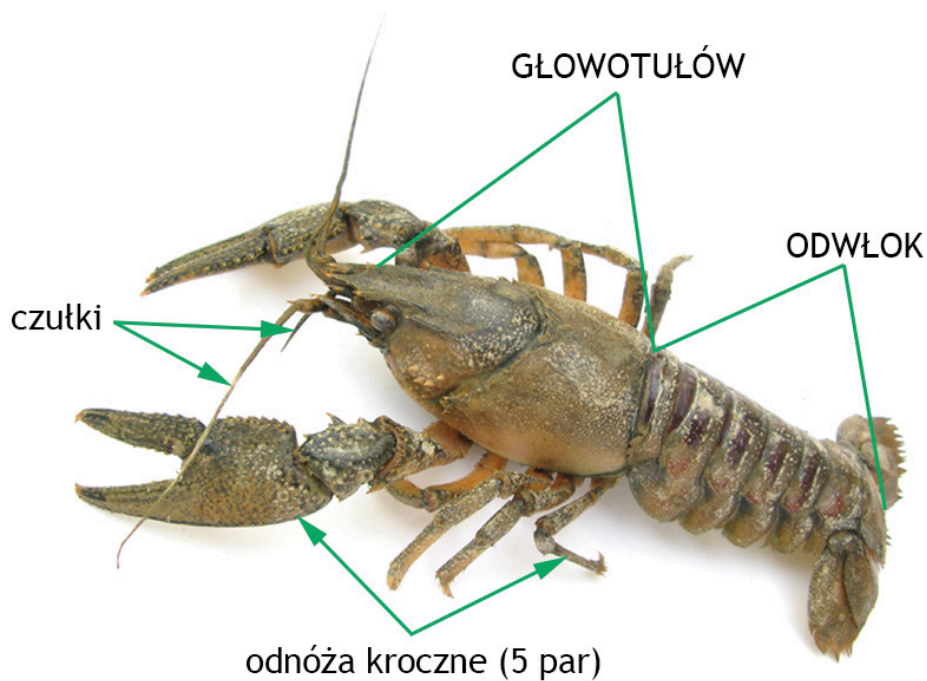
## 5. Stawonogi - zwierzęta, które mają stawowe odnóża

### 5.1. Cechy grupy - budowa

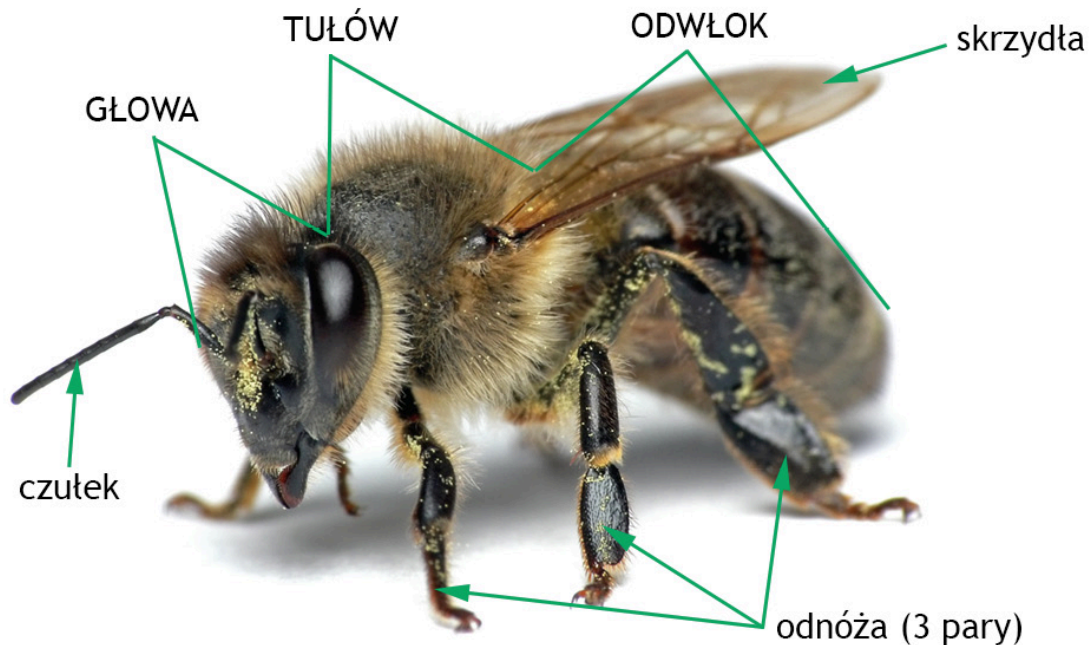
**Stawonogi** są najliczniejszą grupą zwierząt. Żyją we wszystkich typach środowisk wodnych i lądowych. Zwierzęta te cechuje ogromna różnorodność.

Stawonogami są: **skorupiaki, owady i pajęczaki.**

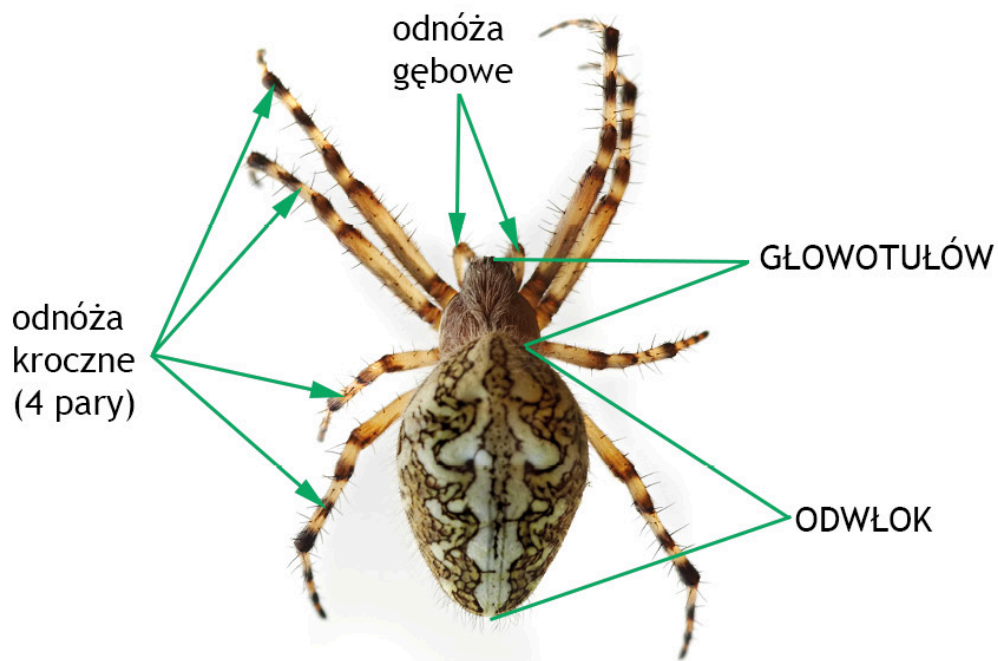
Mimo różnic stawonogi wykazują wiele cech wspólnych. Ich ciało ma podobny ogólny plan budowy, a poszczególne segmenty najczęściej są połączone ze sobą w charakterystyczne odcinki: **głowę, tułów i odwłok**. U skorupiaków i pajęczaków głowa zlana jest z tułowiem w **głowotułów**.



Budowa zewnętrzna skorupiaka na przykładzie raka



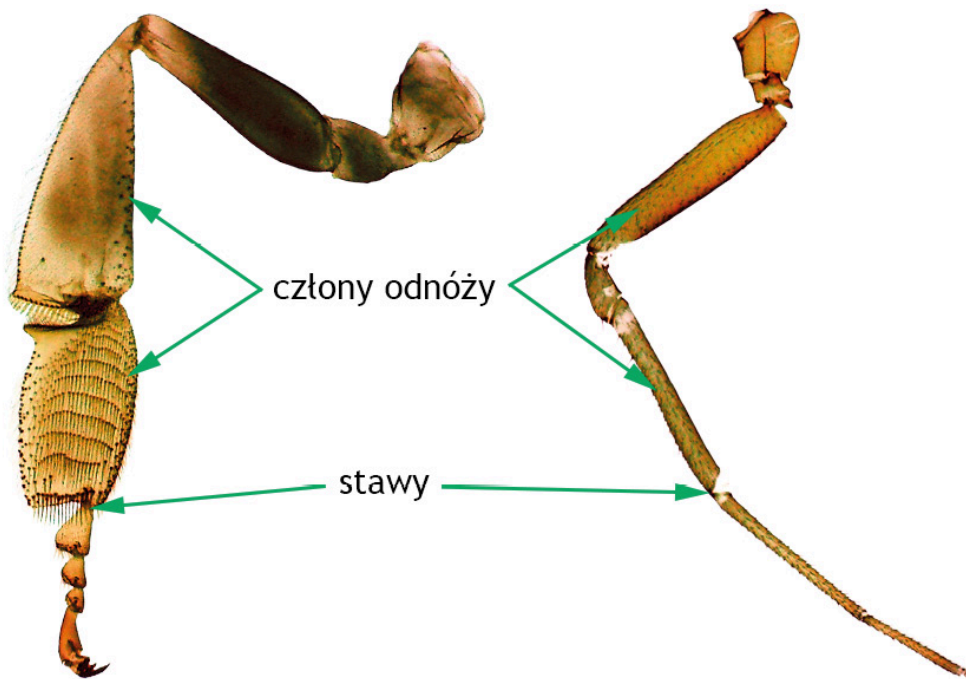
Budowa zewnętrzna owada na przykładzie pszczoły



Budowa zewnętrzna pajęczaka na przykładzie pająka krzyżaka

Po bokach ciała stawonogi mają **odnóże** zbudowane z członów. Człony odnóży połączone są ruchomo **stawami**. Zginanie odnóży umożliwia sprawne poruszanie się po podłożu. Odnóże często pełnią inne funkcje i różnią się budową. Do poruszania się służą **odnóże kroczone**, do odbierania

bodźców zapachowych i dotykowych – **czułki**, do pobierania pokarmu – **odnóża gębowe**.



#### Odnóża krocze stawonogów: pszczoły i pająka

Stawonogi nie mają wra powłokowo-mięśniowego. Ich ciało okrywa gruby **oskórek** zawierający **chitynę**, a u skorupiaków także sole wapnia. Sztywny oskórek stawonogów stanowi **szkielet zewnętrzny**. Szkielet ten tworzą płytki pokrywające odcinki ciała oraz człony odnóży. Płytki chronią narządy wewnętrzne. Od wewnątrz do elementów szkieletu przyczepione są wyspecjalizowane **mięśnie** (poruszają odnóżami, a u owadów także skrzydłami). Mięśnie owadów osiągają taką sprawność jak mięśnie kręgowców (dotyczy to zarówno szybkości, jak i siły skurczów oraz wytrzymałości).

Stawonogi mają dobrze rozwinięte **narządy zmysłów**: wzroku, czucia chemicznego, dotyku, a nawet słuchu.

Owady i liczne skorupiaki mają **oczy złożone**. Oko złożone zbudowane jest z prostych elementów zwanych omatidiami. Pojedyncze omatidium odbiera obraz bardzo małego wycinka pola widzenia. Razem omatidia dają obraz mozaikowy. Jego dokładność zależy przede wszystkim od ich liczby, dlatego w oczach mało aktywnych owadów nocnych jest po kilkaset omatidiów, a w każdym oku ważek (aktywnych drapieżników dziennych) –

prawie 30 tysięcy. Niezależnie od rozdzielczości oczy wszystkich owadów są bardzo wrażliwe na ruch. Wiele owadów widzi światło ultrafioletowe, a niektóre nawet podczerwone. Pajęczaki mają oczy proste, umożliwiające przede wszystkim ocenę zmiany natężenia światła.



Oczy złożone modliszki

**Uwaga:** Całkowite pole widzenia owada może wynosić ponad 300°

## 5.2. Wzrost i rozwój

Oskórek stawonogów jest sztywny i nie może zwiększać rozmiarów. W związku z tym co pewien czas zostaje zrzucany. Proces ten nazywamy **linieniem** (wylinką). Tuż po wylince nowy oskórek jest miękki i rozciągliwy. Stawonogi wykorzystują ten krótki okres do szybkiego wzrostu (**wzrost skokowy**). Pajęczaki i skorupiaki rosną przez całe życie, owady tylko w stadium larwalnym (podkreślmy więc - dorosłe owady nie rosną).





Wylinka prosionka - drobnego, lądowego skorupiaka

Stawonogi rozmnażają się płciowo (rozwój jest prosty albo złożony).



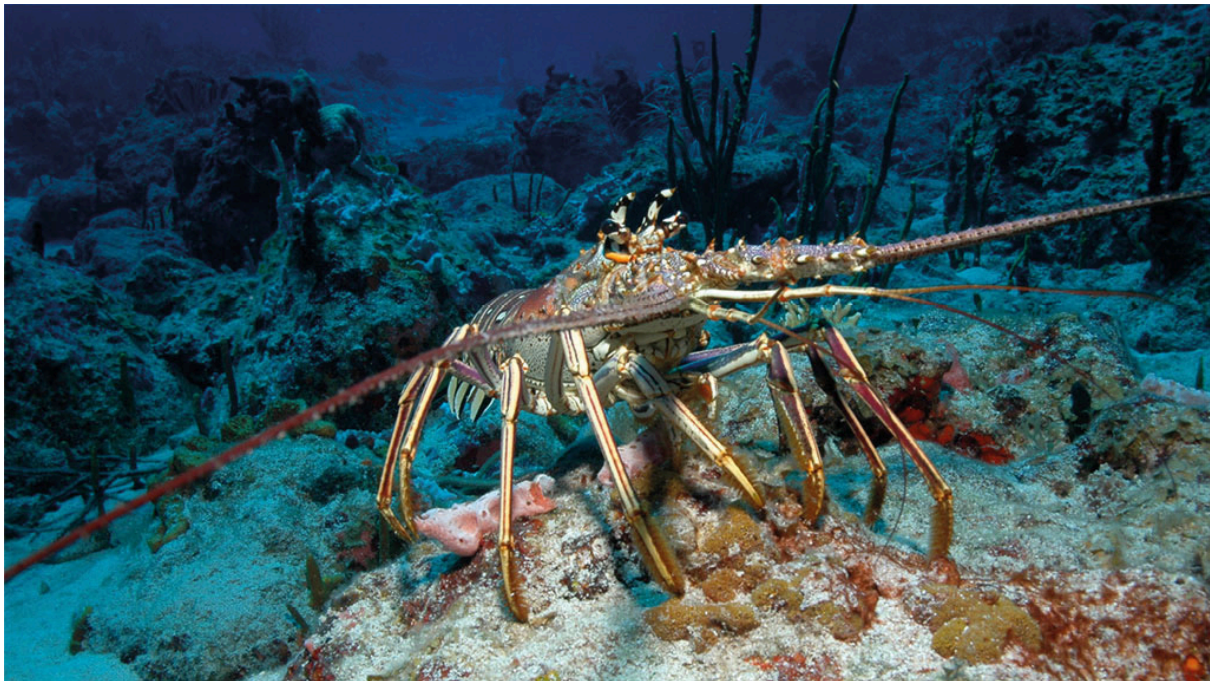
Linienie cykady - z poczwarki wydostaje się postać dorosła

### 5.3. Przegląd stawonogów

Skorupiaki są związane ze środowiskiem wodnym i tylko nieliczne żyją

na lądzie, w miejscach o dużej wilgotności. Narządami wymiany gazowej są **skrzela**. Ciało większości skorupiaków zróżnicowane jest na głowotułów i odwłok, a oskórek ma postać grubego, silnie zmineralizowanego pancerza. Skorupiaki mają **dwie pary czułków**, liczba odnóży krocnych zależy od gatunku.

Skorupiakami są: raki (rzeczny i stawowy), kraby, homary, langusty, pąkle, a także malutkie rozwielitki i oczliki. Nieliczne formy lądowe to na przykład stonogi.



Skorupiaki - langusta

**Owady** są stawonogami lądowymi. Większość potrafi latać (owady są jedynymi bezkręgowcami zdolnymi do lotu!). Narządami wymiany gazowej są **tchawki**. U większości gatunków ciało zróżnicowane jest na głowę, tułów i odwłok. Na głowie znajduje się **jedna para czułków**, **tułów** zaopatrzony jest w **trzy pary odnóży krocnych**. **Odwłok** jest pozbawiony odnóży. Owady latające mają **skrzydła** (mogą występować dwie pary skrzydeł lub jedna).





#### Owady - motyl

Przekształcone odnóża gębowe owadów tworzą **aparat gębowy**: gryzący, liżący, ssący, kłująco-ssący. Aparat gębowy typu gryzącego ma na przykład pasikonik, osa, biedronka i modliszka. Liżący aparat gębowy ma mucha domowa. Ssący aparat gębowy mają motyle, natomiast kłująco-ssący – komary.



Aparat gębowy osy. Osowate żywią się owadami i pajakami. Niektóre lubią także spadź drzew iglastych i nektar kwiatów

**Pajęczaki** to stawonogi lądowe. Narządami wymiany gazowej są blaszkowate **płuca**. Zwykle ciało zróżnicowane jest na **głowotułów** i **odwłok**. Pajęczaki **nie mają czułków**. Głowotułów zaopatrzony jest w dwie pary odnóży gębowych: szczękoczułki i nogogłaszczki oraz **cztery pary odnóży krocznych**. Szczękoczułki zakończone są kolcem, do którego uchodzą przewody gruczołu jadowego. Większość pajaków w odwłoku ma **gruczoły przedne** wytwarzające białkową substancję niezbędną do budowy sieci łownych.



Pajęczaki - skorpion (ma kolec jadowy na ostatnim segmencie odwłoka)

Jak widać, stawonogi różnią się pod wieloma względami – środowiskiem życia, sposobami oddychania, odżywiania się oraz rozmnażania.



|                         | <b>Skorupiaki</b>                                                                                                                      |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowisko życia</b> | przede wszystkim morza, mniej żyje w wodach słodkowodnych, nieliczne w wilgotnych miejscach na lądzie; wolno żyjące, nieliczne osiadłe |
| <b>Wymiana gazowa</b>   | skrzelodyszne, najmniejsze - całą powierzchnią ciała                                                                                   |
| <b>Odżywianie się</b>   | roślinożerne, drapieżne, padlinożerne                                                                                                  |
| <b>Rozmnażanie się</b>  | najczęściej rozdzielnopłciowe, w rozwoju zwykle występuje larwa (rozwój złożony)                                                       |
| <b>Wzrost/linienie</b>  | rosną całe życie                                                                                                                       |

|                         | <b>Owady</b>                                                                                                             |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowisko życia</b> | przeważająca większość żyje na lądzie                                                                                    |
| <b>Wymiana gazowa</b>   | tchawkodyszne                                                                                                            |
| <b>Odżywianie się</b>   | roślinożerne, drapieżne, padlinożerne, wszystkożerne, saprobionty                                                        |
| <b>Rozmnażanie się</b>  | rozdzielnopłciowe, w rozwoju występuje postać larwalna; przeobrażenie niepełne albo przeobrażenie pełne (rozwój złożony) |
| <b>Wzrost/linienie</b>  | linienie tylko w stadium larwalnym i przepoczwarzaniu; dorosłe owady nie rosną                                           |

|                         | <b>Pajęczaki</b>                                         |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Środowisko życia</b> | przeważająca większość żyje na lądzie                    |
| <b>Wymiana gazowa</b>   | płucodyszne                                              |
| <b>Odżywianie się</b>   | drapieżniki i pasożyty                                   |
| <b>Rozmnażanie się</b>  | rozdzielnopłciowe, w rozwoju nie ma larw (rozwój prosty) |
| <b>Wzrost/linienie</b>  | rosną całe życie                                         |

### Ciekawe!

Tchawkodysznymi stawonogami są także dość pospolite krocionogi i wiję. Od innych stawonogów różnią się m.in. tym, że (poza głową) segmenty ciała są niezróżnicowane, a odnóży bardzo liczne. Krocionogi i wiję prowadzą skryty tryb życia, dlatego często ich nie zauważamy.



## 5.4. Znaczenie stawonogów

**Stawonogi odgrywają ogromną rolę w przyrodzie i gospodarce:**

- drobne skorupiaki są składnikiem planktonu i pożywieniem wielu zwierząt wodnych,
- liczne owady zapylają kwiaty różnych roślin (pszczoły, trzmiele),
- skorupiaki (raki, homary) oczyszczają dno zbiorników wodnych,
- owady (mrówki) usuwają szczątki roślinne i zwierzęce na lądzie,
- owady (muchówki) rozsiewają nasiona,
- pająki regulują liczebność innych bezkręgowców,
- niektóre owady (m.in. mszyce, niektóre chrząszcze, motyle) są szkodnikami lasów i upraw,
- jad niektórych skorpionów i pajaków może zabić człowieka,
- kleszcze przenoszą wirusa zapalenia opon mózgowych i bakterie

boreliozy,

- u niektórych osób drobne roztocze żyjące w kurzu wywołują alergię.



## 5.5. Podsumowanie

1. Stawonogi są najliczniejszą grupą bezkręgowców. Żyją we wszystkich typach środowisk.
2. Ciało stawonogów dzieli się na głowę, tułów i odwłok (owady) lub głowotułów i odwłok (skorupiaki, pajęczaki).
3. Stawonogi charakteryzuje duża sprawność ruchowa (mają członowane odnóża stawowe i wyspecjalizowane mięśnie). Mięśnie przyczepione są do chitynowego szkieletu zewnętrznego.
4. Narządami wymiany gazowej są skrzela (u wodnych), tchawki albo płucotchawki (u lądowych).

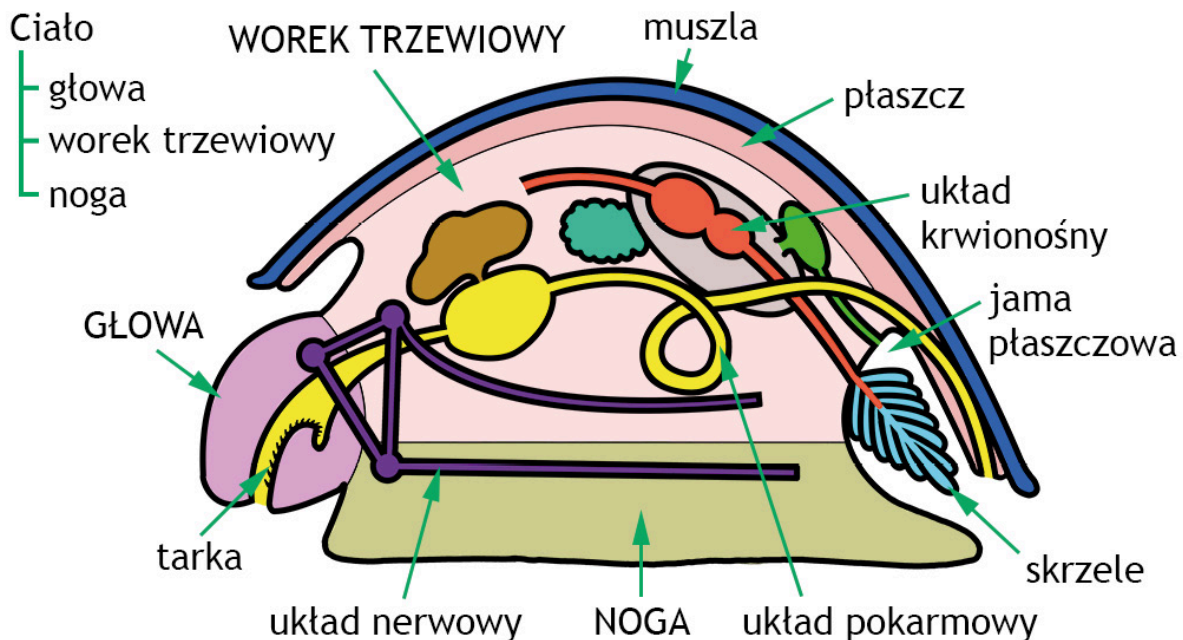


## 6. Mięczaki - zwierzęta o ciele miękkim, niesegmentowanym

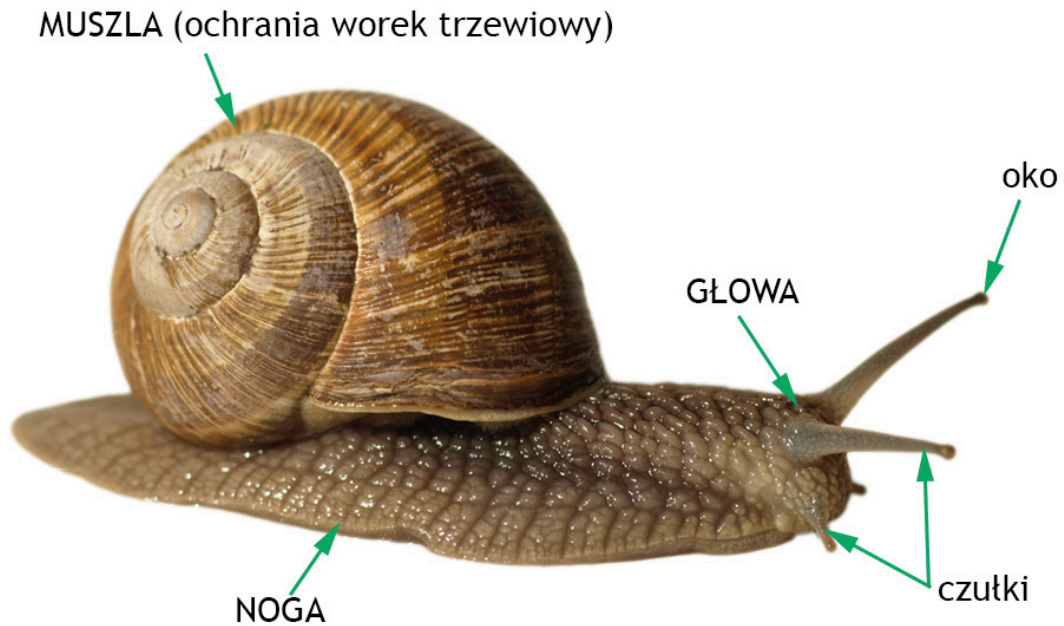
### 6.1. Cechy grupy

Ciało **mięczaków** jest miękkie, pozbawione szkieletu wewnętrznego i niepodzielone na segmenty. Składa się z **głowy**, **worka trzewiowego** oraz **nogi**. U małży głowa zanikła, natomiast noga głowonogów przekształciła się w wieniec chwytnych ramion. Ruch zwierzęcia powodowany jest skurczami wyspecjalizowanych mięśni nogi lub ramion.

Głowa mięczaków mieści mózg i większość narządów zmysłów. W worku trzewiowym znajduje się zaś większość narządów układu pokarmowego oraz układ krwionośny i wydalniczy. W pewnym sensie worek trzewiowy jest więc tułowiem. Górna część worka trzewiowego jest rozrośnięta i tworzy tak zwany **łaszc**. Wytworem komórek płaszcza jest wapienna **muszla**. Muszla ochrania ciało i częściowo pełni funkcje szkieletu zewnętrznego. Między workiem trzewiowym a płaszczem znajduje się przestrzeń zwana **jamą płaszczową**.

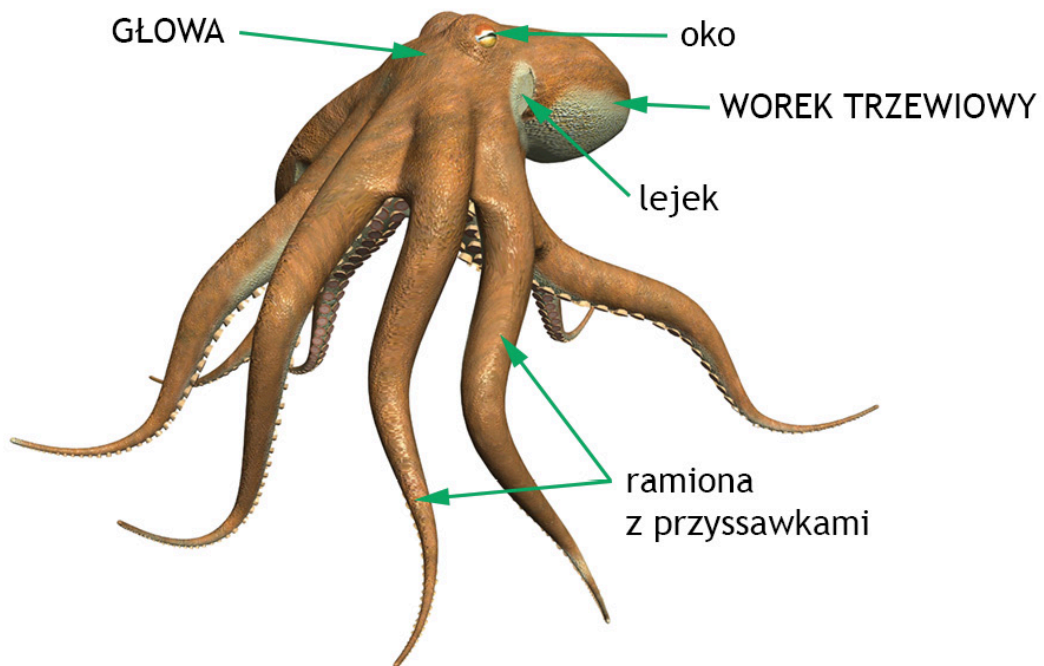


Schemat budowy mięczaka na przykładzie ślimaka



#### Budowa zewnętrzna ślimaka (winniczka)

Wśród mięczaków wyróżniamy: **ślimaki**, **małże** i **głownogi**. Środowiskiem życia większości mięczaków są morza, rzadziej wody słodkie oraz ląd (miejsca raczej wilgotne).



#### Budowa zewnętrzna głownoga (ośmiornicy)

## 6.2. Sposób życia mięczaków

Mięczaki to zwierzęta wolno żyjące, przy czym małże są mało ruchliwe (najczęściej żyją zagrzebane w mule lub piasku). Zdecydowanie największą sprawnością ruchową cechują się głowonogi.

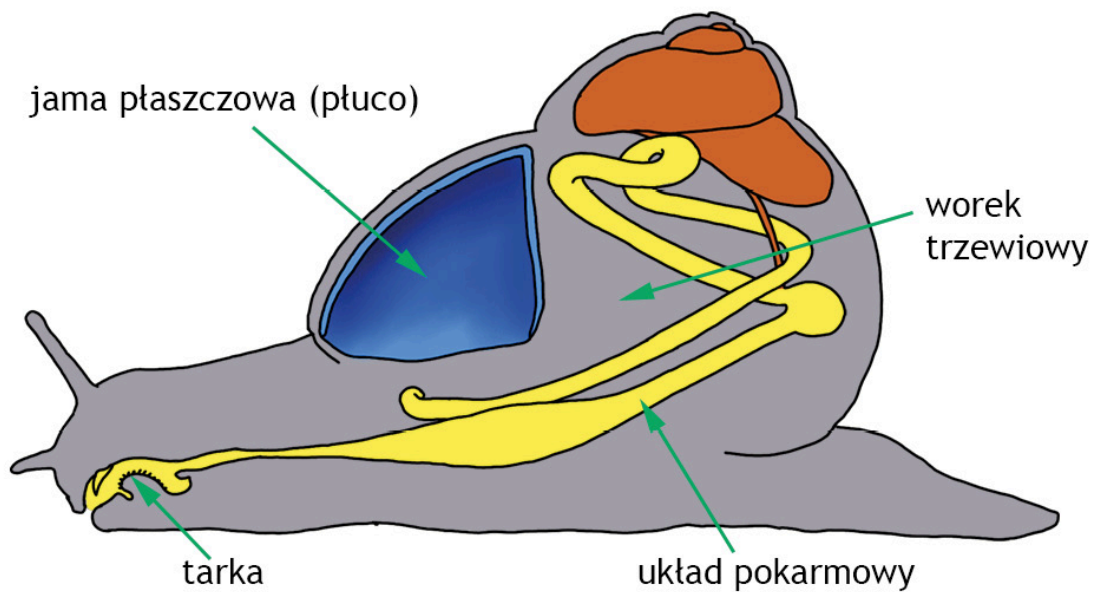
Większość mięczaków oddycha **skrzelami** zewnętrznymi lub wewnętrznymi. Skrzela wewnętrzne znajdują się w jamie płaszczowej. Ślimaki lądowe nie mają skrzeli, oddychają silnie ukrwioną ścianą jamy płaszczowej (mówimy, że ślimaki te są **plucodyszne**).



### Ślimak morski

W układzie pokarmowym ślimaków i głowonogów występuje charakterystyczny narząd - **tarka**. Tarkę tworzą liczne, bardzo drobne, haczykowate ząbki. Ślimaki roślinożerne wykorzystują tarkę do zeskrobywania pokarmu. Tarka głowonogów służy jedynie do przełykania. Rozdrabnianie pokarmu umożliwiają im bowiem rogowe szczęki o kształcie papuziego dzioba. U małży tarka zanikła, ponieważ zwierzęta te są filtratorami.





### Mięczaki - budowa wewnętrzna ślimaka lądowego

Mięczaki rozmnażają się płciowo. Ślimaki i małże na ogół są obojnakami. Głównonogi są rozdzielнопłciowe. U tych mięczaków zaobserwowano skomplikowane zachowania związane z rozrodem.



Ślinik luzytański - zapłodnienie krzyżowe

### 6.3. Przegląd mięczaków

Muszla ślimaków jest pojedyncza i zwykle spiralnie skręcona. Jej podstawowym zadaniem jest ochrona delikatnego worka trzewiowego. W razie niebezpieczeństwa ślimaki chowają się w muszli (gatunki lądowe robią to także podczas suszy). Ślimaki na głowie mają **dwie pary czułków**. Czułki pierwszej pary zwykle zakończone są oczami wrażliwymi na zmiany natężenia światła. Czułki drugiej pary mają receptory dotykowe. Niektóre ślimaki morskie są bardzo jaskrawo ubarwione. To ubarwienie ostrzegawcze, ponieważ wiele z nich wytwarza bardzo silne trucizny.

Ślimaki morskie to między innymi stożki, rozkolce i porcelanki. Lądowymi ślimakami są: winniczki, wstężyki i pomrowy. W wodach słodkich żyją błotniarki, żyworódki i zatoczki.



Ślimak winniczek - mieszkaniec wilgotnych lasów i ogrodów. Zwróć uwagę na zakończenie czułków I pary



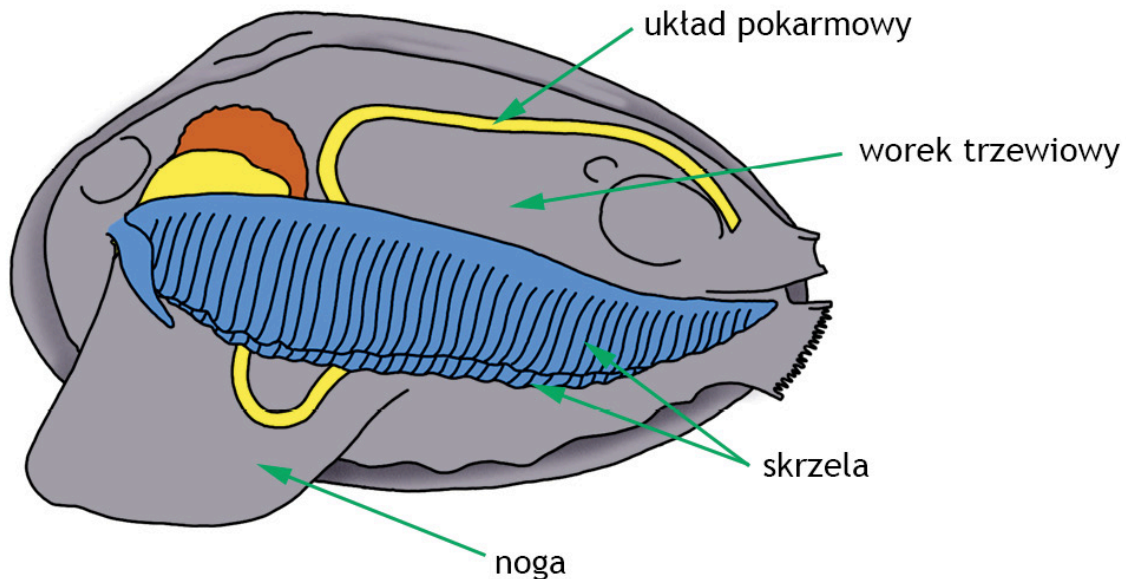
### Ciekawe!

Duże szkody w szklarniach i ogrodach wyrządza pomrów wielki. Łatwo go rozpoznasz, ponieważ ma silnie zredukowaną muszlę i charakterystyczne ubarwienie. Pomrowy są płucodysznymi ślimakami lądowymi.



Jak już wspomnieliśmy, **małże nie mają głowy**. Ich ciało ukryte jest w dwuczęściowej muszli. Połówki muszli połączone są tak zwanym zamkiem. Za zamykanie muszli odpowiadają silne mięśnie zwieracze. Małże nie mają także **tarki**. Odżywiają się, filtrując wodę zasysaną do jamy płaszczowej przez syfon wpustowy. Za usuwanie wody odpowiada syfon wypustowy.





### Mięczaki - budowa wewnętrzna małża

Przykłady małży: omulek jadalny, małgiew piaskołaz i sercówka jadalna (występują w Bałtyku). W wodach słodkich żyją skójki, szczeżuje i racicznice. Ostrygi to morskie małże na stałe przytwierdzone do podłoża.



Musze małży - gatunki występujące w Bałtyku, które łatwo znajdziesz na polskich plażach: 1 - rogowiec bałtycki, 2 - sercówka pospolita, 3 - małgiew piaskołaz

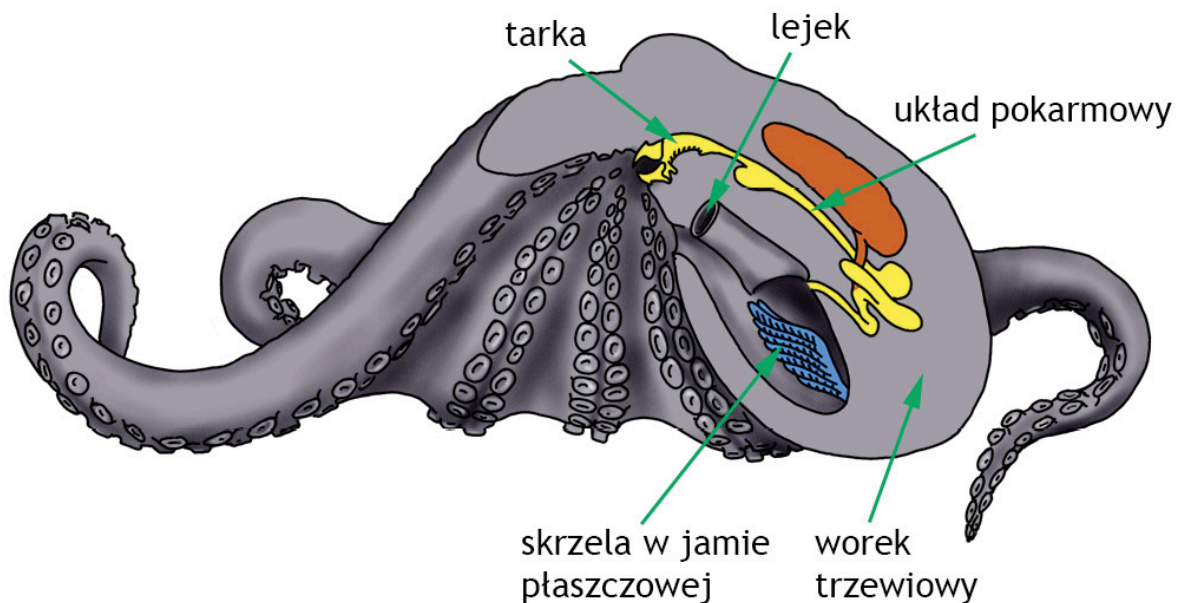
U niemal wszystkich głowonogów **muszla jest silnie zredukowana**. W pełni rozwiniętą muszlę ma łodzik żeglarek, ale jest on wyjątkiem.



Łodzik żeglarek jest gatunkiem reliktowym (świadczy o tym m.in. w pełni rozwinięta muszla)

**Ramiona** głowonogów są opatrzone silnymi **przyssawkami**, które umożliwiają przytrzymanie ofiary. Głowonogi są bardzo sprawnymi drapieżnikami. Ich układ nerwowy jest najbardziej rozwinięty spośród układów nerwowych wszystkich bezkręgowców. Szczególną uwagę zwracają **duże oczy** o budowie podobnej do oczu kręgowców.

Głowonogi są sprawnymi pływakami. Wykorzystują skoordynowane ruchy ramion oraz siłę odrzutu wody wyrzucanej z jamy płaszczowej przez umięśniony lejek. Wiele gatunków potrafi też jakby biegać po dnie i wciskać się w szczeliny skalne. Ośmiornice mają osiem ramion, mątwy i kałamarnice dziesięć. Głowonogi mogą szybko zmieniać ubarwienie, dostosowując je do podłoża.



### Mięczaki - budowa wewnętrzna głównonoga

#### Ciekawe!

Mątwy mają woreczek czernidłowy z sepłą. Przestraszone wyrzucają sepłą, która tworzy „zasłonę dymną”.

## 6.4. Znaczenie mięczaków

Mięczaki są ważnymi składnikami biocenoz wodnych, ale z punktu widzenia człowieka nie mają wielkiego znaczenia:

- wiele gatunków pozyskuje się w celach konsumpcyjnych (winniczki, ostrygi, kałamarnice i ośmiornice),
- małże perłorodne (perłopławy) wytwarzają perły wykorzystywane do produkcji biżuterii,
- roślinożerne ślimaki lądowe często wyrządzają poważne szkody w uprawach i w ogrodach,
- kiedyś małże świdraki niszczyły drewniane kadłuby łodzi i statków,
- niektóre ślimaki są żywicielami pośrednimi pasożytów człowieka (np. błotniarka stawowa jest żywicielem pośrednim motylcy wątrobowej),
- stożki mają kolec jadowy; jad stożków może zabić człowieka.





Małże są poławiane w celach konsumpcyjnych

### Ciekawe!

**Szkarłupnie** to stara grupa organizmów wyłącznie morskich. Szkarłupniami są rozgwiazdy, węzowidła, jeżowce i liliowce. Większość pelza po dnie, część prowadzi osiadły tryb życia.

Ciało szkarłupni charakteryzuje się **symetrią promienistą**. Zwierzęta te mają ponadto specyficzny system kanałów z małutkimi wypustkami - **nózkami ambulakralnymi**. Nóżki wychodzą przez małutkie otworki po spodniej stronie ciała. System ten nazwano układem wodnym, ponieważ krąży w nim woda morska. Zmiany ciśnienia wody w nóżkach ambulakralnych powodują ich odkształcanie się. Szkarłupnie wykorzystują to do przemieszczania się.



Rozgwiazda. Wyszukaj w internecie informacje o lokomocji i odżywianiu się takich zwierząt

**Uwaga:** szkarłupnie nie są spokrewnione z mięczakami. Wbrew pozorom mają więcej wspólnego z... kręgowcami.

## 6.5. Podsumowanie

1. Mięczaki mają delikatne miękkie ciało złożone z głowy, nogi i worka trzewiowego (płaszcz jest częścią worka trzewiowego). U części ślimaków oraz wszystkich małży ciało osłonięte jest muszlą. Układ krwionośny, podobnie jak u stawonogów, jest otwarty, z sercem położonym po stronie grzbietowej.
2. Mięczaki występują w wodach słodkich i słonych (wyjątkiem są ślimaki lądowe).
3. Najbardziej zaawansowaną grupą mięczaków są głowonogi. Mają nogę przekształconą w ramiona, duży mózg oraz oczy podobne do oczu kręgowców.

## 7. Panel kontrolny Rozdziału VII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu VII (na [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

### 7.1. Polecenia kontrolne

#### Polecenia do lekcji 1. Parzydełkowce

1. Wylicz charakterystyczne cechy budowy parzydełkowców.
2. Wymień trzy gatunki parzydełkowców i wskaż ich środowisko życia.
3. Narysuj schematyczną budowę polipa i meduzy. Wykaż po trzy podobieństwa i różnice między nimi.

#### Polecenia do lekcji 2. Plazińce

1. Podaj dwie cechy budowy właściwe wszystkim plazińcom.
2. Wykaż związek budowy tasiemców z ich pasożytniczym trybem życia.
3. Narysuj schemat ilustrujący cykl rozwojowy tasiemca uzbrojonego. Zaznacz żywiciela pośredniego i ostatecznego.
4. Omów drogi zarażenia się tasiemcem uzbrojonym i nieuzbrojonym oraz podaj możliwe skutki zarażenia.

#### Polecenia do lekcji 3. Nicienie

1. Omów na przykładzie glisty ludzkiej swoiste cechy budowy nicieni.
2. Wykaż, że istnieją różne drogi zarażenia się nicieniami.
3. Zaproponuj trzy podstawowe zasady profilaktyki chorób pasożytniczych, w tym zarażenia nicieniami.

#### Polecenia do lekcji 4. Pierścienice

1. Wymień trzech przedstawicieli pierścienic i wskaż środowisko ich życia.
2. Porównaj budowę zewnętrzną oraz tryb życia dżdżownicy i nereidy.
3. Zaplanuj eksperyment wykazujący wpływ dżdżownic na strukturę i żyzność gleby.
4. Wymień układ narządów, który po raz pierwszy pojawił się u pierścienic, i wytłumacz, jaką pełni rolę.

#### Polecenia do lekcji 5. Stawonogi



1. Wymień główne grupy stawonogów oraz podaj przykłady reprezentujących je gatunków.
2. Podaj cechy budowy zewnętrznej, które pozwalają na zakwalifikowanie nieznanej grupy zwierząt do stawonogów.
3. Wykaż te cechy budowy anatomicznej stawonogów, które mają bezpośredni związek z opanowaniem przez nie różnych środowisk życia.
4. Opracuj tabelę, w której zestawisz podobieństwa i różnice w budowie zewnętrznej skorupiaków, owadów i pajęczaków.
5. Udowodnij na kilku przykładach, że stawonogi są niezwykle zróżnicowaną grupą bezkręgowców.
6. Przedstaw w pięciu punktach znaczenie stawonogów w przyrodzie i gospodarce człowieka.

### **Polecenia do lekcji 6. Mięczaki**

1. Wymień charakterystyczne cechy budowy morfologicznej (zewewnętrznej) mięczaków.
2. Porównaj budowę ślimaków, małży i głowonogów.
3. Wykaż przystosowania grup mięczaków do chwytania lub spożywania różnych pokarmów.
4. Przedstaw dwa przykłady pozytywnego – z punktu widzenia człowieka – znaczenia mięczaków.

## **7.2. Ważne pojęcia**

• bezkręgowce • parzydełkowce • epiderma • gastroderma • mezoglea • polip • meduza • symetria promienista • płazińce • obojnactwo • żywiciel pośredni i ostateczny • symetria dwuboczna • nicienie • dymorfizm płciowy • pierścienice • pierścienie (segmenty) • układ krwionośny zamknięty • stawonogi • członowane odnóża • stawy • szkielet zewnętrzny • aparat gębowy • linienie • układ krwionośny otwarty • rozwój prosty i złożony • przeobrażenie niezupełne • przeobrażenie zupełne (larwa, poczwarka) • mięczaki • muszla • płaszcz • worek trzewiowy • tarka • głowonogi

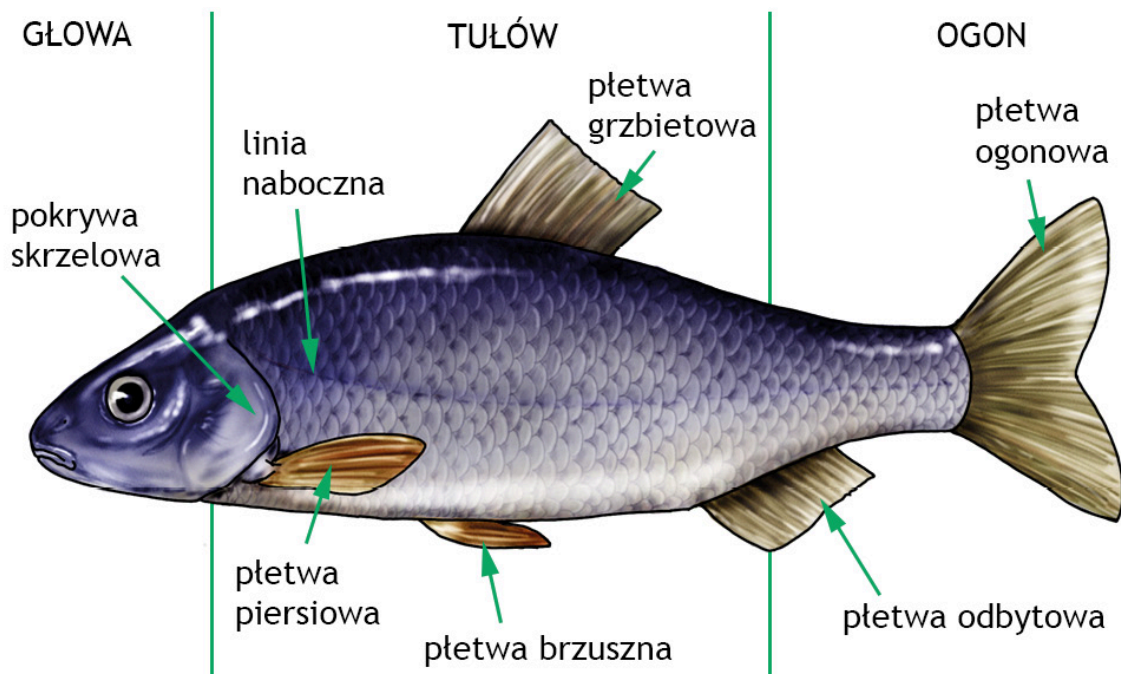
## 8. Ryby - kręgowce pierwotnie wodne

### 8.1. Cechy grupy

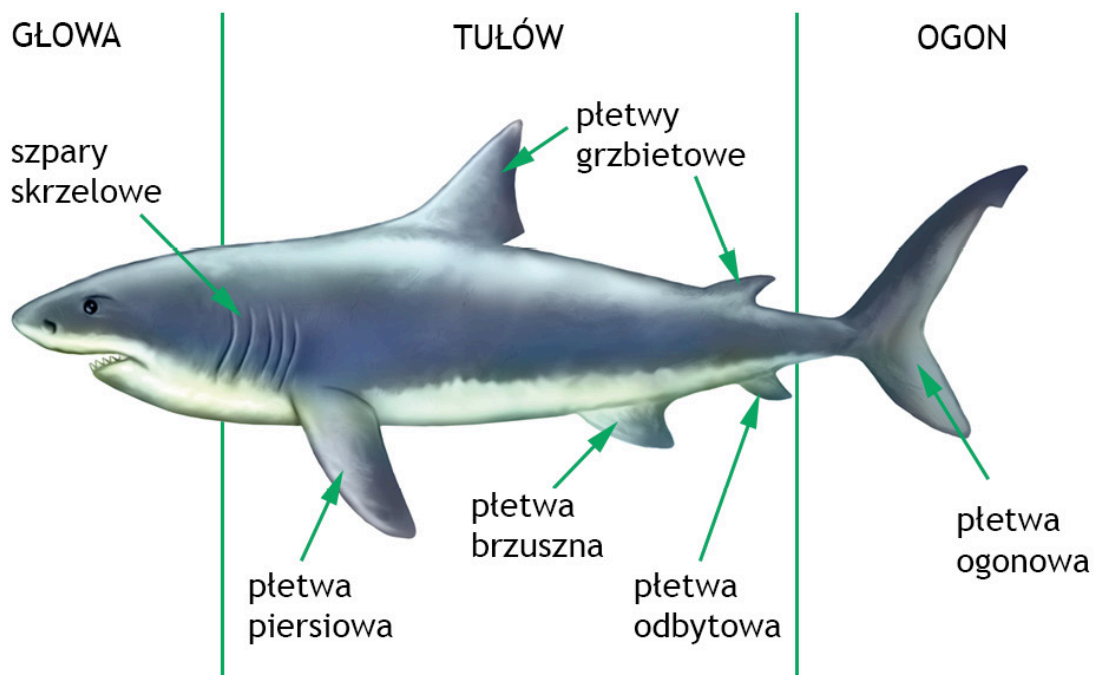
Ryby są najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupą kręgowców. Większość ryb ma **opływowe ciało** przystosowane do sprawnego poruszania się w środowisku wodnym. Głowa, tułów i ogon nie są wyraźnie od siebie oddzielone. Głowa jest nieruchoma. Charakterystycznym elementem są płetwy. **Płetwa** jest fałdem skóry z elementami szkieletu. **Płetwy nieparzyste** to: grzbietowa (statecznik pionowy), ogonowa (napędowa) i odbytowa. **Płetwy parzyste** to: piersiowe i brzuszne (służą głównie do sterowania, zatrzymywania się, a nawet do pływania wstecz). W zależności od gatunku i trybu życia ryby płetwy mogą mieć różny kształt i wielkość.

Ryby są kręgowcami **zmiennocieplnymi**. Oddychają **skrzelami**. Rozmnażają się płciowo. Najczęściej zapłodnienie jest zewnętrzne. Dzielimy je na: **kostnoszkieletowe** (podstawowym budulcem szkieletu jest tkanka kostna) oraz **chrzęstnoszkieletowe** (budulcem szkieletu jest tkanka chrzęstna).

**Uwaga:** nazwa ryby kostnoszkieletowe ma charakter opisowy. Naukowcy używają określenia ryby kostnopromieniste. Wspólną cechą ryb z tej grupy są bowiem delikatne promienie płetw zbudowane z tkanki kostnej.



Budowa zewnętrzna ryby kostnoszkieletowej - płoci

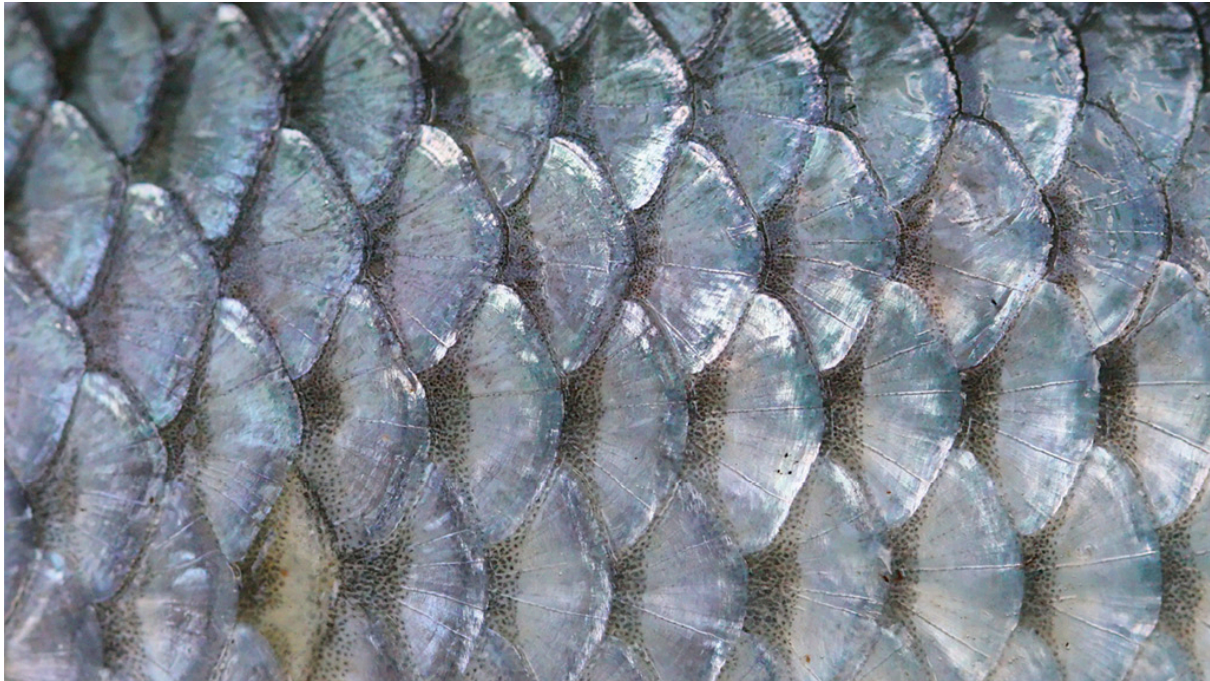


Budowa zewnętrzna ryby chrzęstnoszkieletowej - rekina

Ciało wszystkich ryb okrywa **skóra**. W skórze znajdują się liczne **gruczoły śluzowe** (śluz zmniejsza opór wody). Wytworem skóry są także **łuski** (pełniące funkcje ochronne). Łuski ryb różnią się budową i kształtem. Ryby kostnoszkieletowe mają łuski w postaci cienkich, elastycznych płytek



osadzonych w kieszonkach skóry. Łuski ryb chrzęstnoszkieletowych są ukryte dość głęboko w skórze. Na powierzchni skóry wystają tylko niewielkie ząbki łusek. Niektóre ryby kostnoszkieletowe mają łuski całkowicie zredukowane, np. żyjący przy dnie sum.



Łuski ryb kostnoszkieletowej. Zwróć uwagę, że ich „dachówkowate” ułożenie pozwala na dość swobodne wyginanie ogona

W skórze znajdują się liczne komórki barwnikowe, dlatego niektóre ryby są bajecznie kolorowe (wiele gatunków zmienia barwy podczas okresu godowego). **Linia naboczna** to narząd zmysłu odbierający zmiany ciśnienia wody (siłę i kierunek ruchu). Oczy większości ryb nie mają powiek.

Ryby szybko pływające mają ciało wrzecionowate (wydłużone i na przekroju poprzecznym lekko bocznie spłaszczone). Inne ryby mają ciało beczkowate, wstęgowe lub silnie spłaszczone grzbieto-brzusznie.

## 8.2. Przegląd ryb

**Ryby kostnoszkieletowe** występują w wodach morskich i słodkich. Najczęściej łuski ryb kostnoszkieletowych są elastyczne i zachodzą na siebie dachówkowato. Takie ułożenie łusek oraz śluz pokrywający ciało pozwalają zachować elastyczność powłoki ciała i zmniejszyć opory podczas

pływania (siłę tarcia). Większość ryb kostnoszkieletowych ma **pęcherz pławny** – cienkościenny „worek” wypełniony mieszaniną dwutlenku węgla i azotu. Ryba, zmieniając objętość pęcherza pławnego, może łatwo zmieniać głębokość zanurzenia. Ryby kostnoszkieletowe mają **pokrywy skrzelowe** ułatwiające przepływ wody przez skrzela.

Wśród ryb kostnoszkieletowych są gatunki drapieżne (np. szczupak, pirania, sum, murena) i planktonożerne (np. sardynki). Nieliczne są roślinożerne (np. płóć, karp). Kostnoszkieletowe są najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupą ryb.



Ryba kostnoszkieletowa - strzępiel wielki

**Ryby chrzęstnoszkieletowe** żyją niemal wyłącznie w morzach. Niewielkie, haczykowate ząbki łusek tych ryb zmniejszają zawirowania wody podczas pływania (opór wody podczas pływania jest niewielki). Chrzęstnoszkieletowe nie mają pokryw skrzelowych oraz pęcherza pławnego. Brak pęcherza pławnego powoduje, że całe życie aktywnie pływają (inaczej... utonęłyby!).

Do ryb chrzęstnoszkieletowych należą **rekiny** i **plaszczki**. Chrzęstnoszkieletowe mają otwór gębowy po stronie brzusznej i niesymetryczną płetwę ogonową.





Ryba chrzęstnoszkieletowa - rekin wielorybi (ten gatunek należy do wyjątków - jest roślinożerny!)

### 8.3. Znaczenie ryb

Ryby odgrywają dużą rolę w niemal wszystkich biocenozach wodnych:

- są ważnymi ogniwami wielu łańcuchów pokarmowych,
- liczne gatunki są poławiane ze względu na wartościowe mięso oraz cenny kawior,
- niektóre są bioindykatorami czystości wód (np. pstrągi),
- nieliczne ryby są niebezpieczne dla człowieka (np. żarłacz biały).





Świeżo złowione dorsze (Dębki, gmina Krokowa)

#### Ciekawe!

Życie organizmów morskich najłatwiej poznawać w oceanariach. Można w nim zobaczyć niezwykle organizmy z różnych mórz świata.



**Uwaga:** w Polsce oceanarium znajduje się w Gdyni

<http://www.akwarium.gdynia.pl/>

## **8.4. Podsumowanie**

1. Ryby są zmiennocieplnymi, skrzelodysznymi kręgowcami wodnymi.
2. Ich opływowe ciało pokryte jest łuskami i śluzem. Napęd i sterowanie zapewniają płetwy (parzyste i nieparzyste).
3. Szkielet ryb zbudowany z tkanki kostnej lub chrzęstnej.

## 9. Płazy - kręgowce wodno-lądowe

### 9.1. Cechy grupy

**Płazy** są kręgowcami **dwuśrodowiskowymi** (prowadzą wodno-lądowy tryb życia). Większość osobników dorosłych żyje w miejscach wilgotnych, w pobliżu zbiorników wodnych. Na czas rozrodu płazy te wracają do wody (rozród odbywa się wyłącznie w wodach słodkich). Część płazów całe życie spędza w wodzie.

Wszystkie płazy są zwierzętami **zmiennocieplnymi**. W strefie umiarkowanej, na okres zimowy, chowają się i zapadają w stan odrętwienia. Występują bardzo powszechnie. Brak ich jedynie na Antarktydzie i na terenach pustynnych. Płazy nie piją wody, lecz pobierają ją przez skórę, w związku z tym są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia i obecnie ich liczba szybko maleje!

Płazy dzielimy na trzy grupy: **ogoniaste**, **bezogonowe** i **beznogie**.



Płazy ogoniaste: traszki zwyczajne (ogród jednego z autorów; zwierzątka są w kuwecie, ponieważ ich oczko wodne jest właśnie oczyszczane)





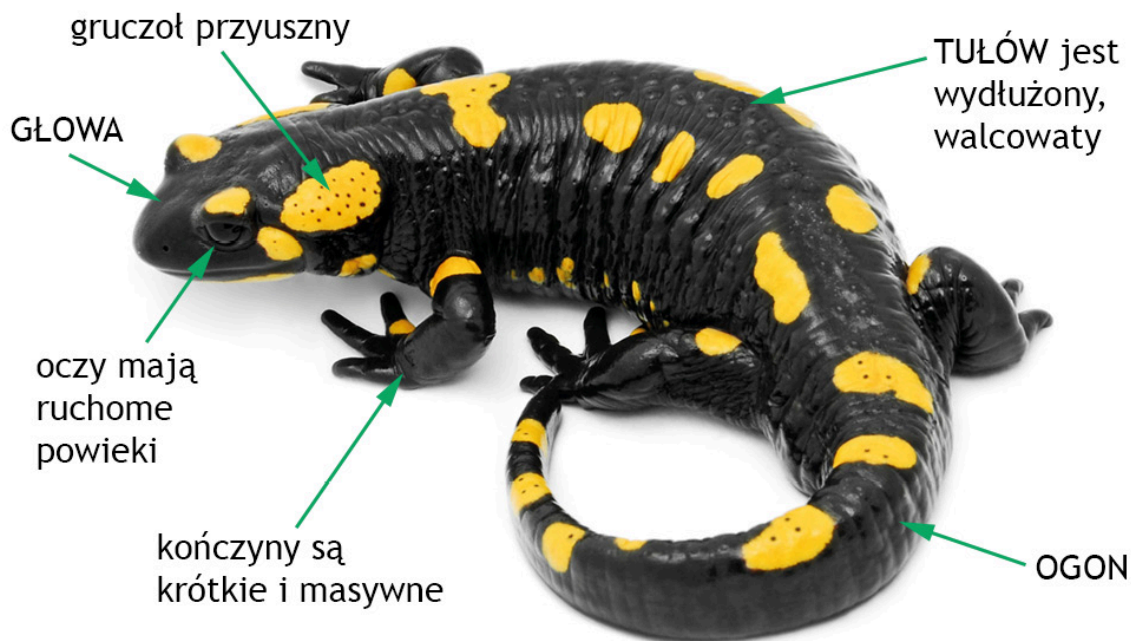
Płazy bezogonowe: ropucha szara - niezbyt lubiany, ale bardzo pożyteczny mieszkaniec wilgotnych lasów, łąk i ogrodów



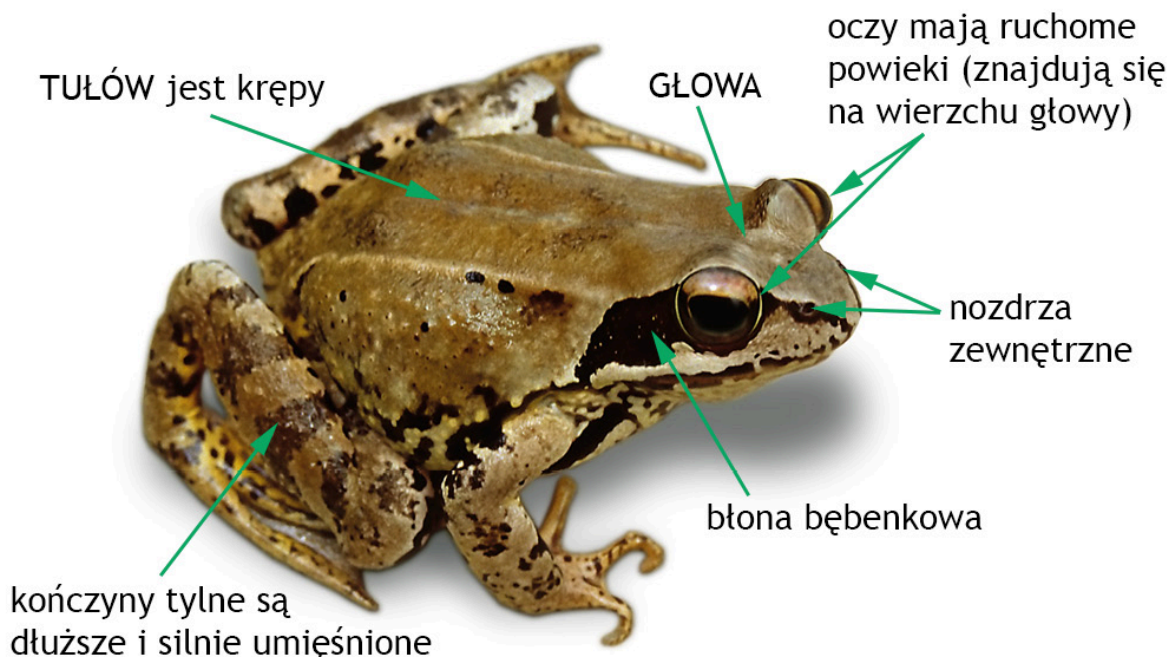
Płazy beznogie: marszczelec pierścieniowy - drąży korytarze w glebie podmokłych lasów tropikalnych Ameryki Południowej (w pobliżu oka widać niewielki czułek dotykowy)

## 9.2. Budowa i tryb życia płazów

Większość płazów ma dwie **pary kończyn kroczych** (są kręgowcami czworonożnymi). Kończyn nie mają jedynie płazy beznogie. Kończyny płazów są szeroko rozstawione na boki, dlatego płazy nie są dobrymi piechurami. Na lądzie poruszają się, krocząc powoli lub szybko skacząc. Płazy są natomiast znakomitymi pływakami, to właśnie od sposobu pływania dorosłych żab i ropuch pochodzi określenie „pływać żabką”. Liczne płazy, np. bezogonowe, mają dobrze rozwinięty zmysł słuchu.



Budowa zewnątrz płazów - salamandra plamista



#### Budowa zewnętrzza płazów - żaba trawna

Płazy oddychają **skrzelami** lub **płucami**. Ważną rolę w wymianie gazowej tych zwierząt odgrywa **skóra**. Jest naga (pozbawiona łusek), wilgotna i znajdują się w niej bardzo liczne drobne naczynia krwionośne. W skórze znajdują się **gruczoły śluzowe**. Śluz ułatwia wymianę gazową i zmniejsza opór wody podczas pływania. Liczne komórki barwnikowe powodują, że niektóre płazy są kolorowe, chociaż większość ma ubarwienie maskujące. Wiele płazów zmienia barwę ciała podczas okresu godowego.

Oczy płazów są duże i mają ruchome **powieki**. **Gruczoły łzowe** powodują, że powierzchnia oczu nie wysycha. U płazów bezogonowych oczy znajdują się na wierzchu głowy. Pozwala to zwierzęciu obserwować otoczenie i pozostawać w niemal całkowitym zanurzeniu.

Wszystkie dorosłe płazy są mięsożerne, ściślej zaś mówiąc, są drapieżnikami polującymi na bezkręgowce i drobne kręgowce. Pomaga im w tym długi, wysuwany język i możliwość połykania dużych obiektów.

### 9.3. Przystosowania płazów do życia na lądzie

Spójrzmy jeszcze raz na przedstawione przed chwilą cechy płazów. Tym razem wymienimy te, które świadczą o przystosowaniu do życia w środowisku lądowym. Są to więc:



- dwie pary kończyn kroczych z palcami
- płuca
- zmysł słuchu
- oczy chronione powiekami
- gruczoły łzowe
- długi język
- dodajmy jeszcze, że do warunków lądowych przystosowany jest także układ krwionośny.

## 9.4. Przegląd i znaczenie płazów

Do **płazów ogoniastych** należą salamandry i traszki (kilka gatunków żyje w Polsce, np. traszka grzebieniasta, zwyczajna i salamandra plamista).



Traszka grzebieniasta - larwa (zwróć uwagę na jej skrzela zewnętrzne)

**Płazy bezogonowe** to żaby, ropuchy, kumaki i rzekotki (w Polsce występuje kilkanaście gatunków, np. ropucha paskówka, ropucha szara, kumak nizinny, rzekotka drzewna).



#### Kumak górski (Bieszczady)

Płazy beznogie są bardzo nieliczne i żyją wyłącznie w tropikach. Przykładem jest wspomniany już marszczelec.

#### **Znaczenie płazów:**

- są ważnym ogniwem łańcuchów pokarmowych (polują na owady),
- żaby są przysmakiem kulinarnym zwłaszcza w kuchni francuskiej,
- niektóre płazy produkują jad niebezpieczny dla człowieka.

### Ciekawe!

Małą rzekotkę drzewną możemy spotkać w lasach przy zbiornikach wodnych. Jej palce zakończone są przylgami, które umożliwiają wspinanie się po gładkich pionowych powierzchniach.



## 9.5. Podsumowanie

1. Płazy są czworonożnymi kręgowcami wodno-lądowymi.
2. Oddychają skrzelami lub płucami. W wymianie gazowej dużą rolę odgrywa też silnie ukrwiona skóra.
3. Wykazują przystosowania do dwóch środowisk: wodnego i lądowego.



## 10. Gady - pierwsze owodniowce

### 10.1. Cechy grupy

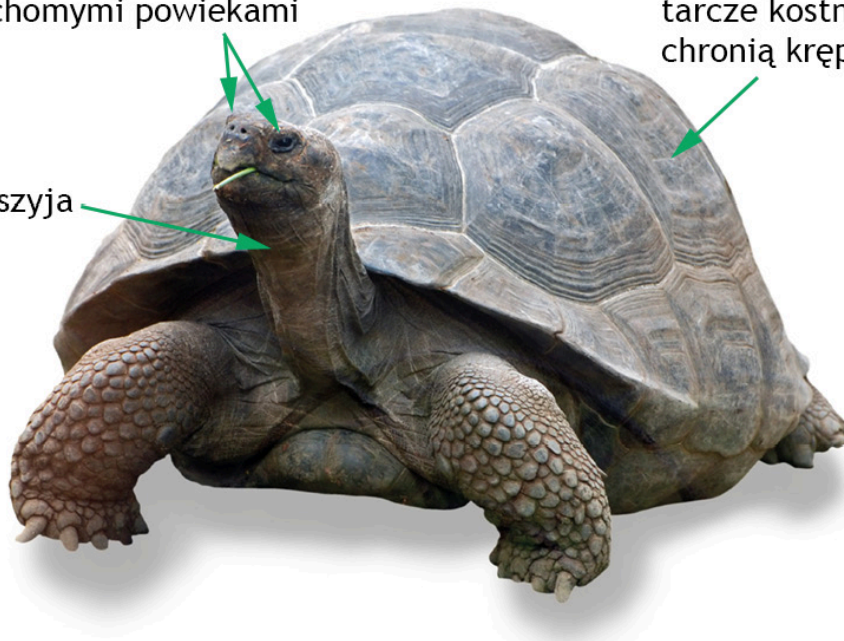
**Gady** są kręgowcami lądowymi. Chociaż część gatunków wtórnie przystosowała się do życia w wodzie, rozród zawsze odbywa się na lądzie. **Sucha**, silnie zrogowaciała **skóra** gadów chroni je przed utratą wody. Współczesne gady są **zmiennocieplne**. W strefie umiarkowanej na okres zimowy chowają się i zapadają w stan odrętwienia. Najwięcej gadów żyje w rejonach o stosunkowo wysokiej temperaturze. Tam są aktywne przez cały rok.

Gady występują bardzo powszechnie – nie można ich spotkać jedynie na Antarktydzie. Żyją zarówno w miejscach wilgotnych, jak i na terenach pustynnych. Gadami są **żółwie**, **krokodyle** oraz **łuskonośne** (jaszczurki i węże).

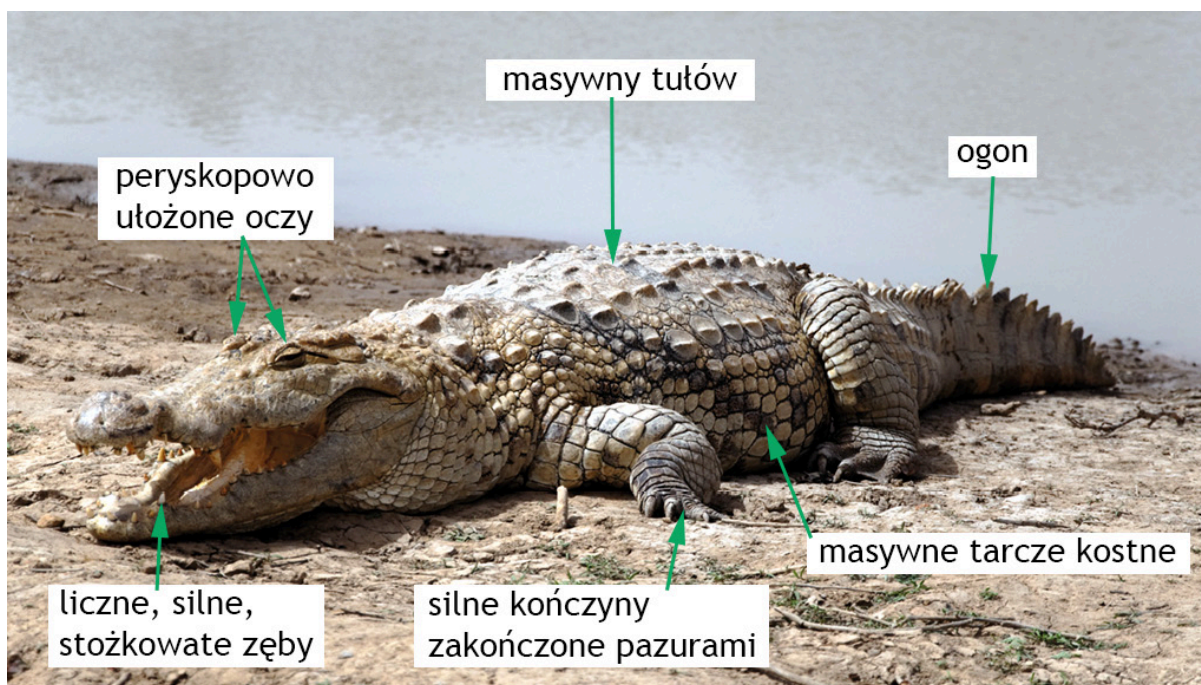
oczy z ruchomymi powiekami

tarcze kostne pancerza  
chronią krępy tułów

długa szyja



Żółw słoniowy należy do największych żółwi (żyje na Wyspach Galapagos)



Aligator amerykański zamieszkuje słodkowodne bagna, rzeki i jeziora południowej części Ameryki Północnej



Lęgwan zielony jest nadrzewną, roślinożerną jaszczurką (pochodzi z Ameryki Środkowej; często jest hodowany)





Głowa pytona (zwróć uwagę, że węże nie mają ruchomych powiek)

W porównaniu z płazami **kończyny** większości gadów są mocniejsze i częściowo podciągnięte pod ciało. Na lądzie gady poruszają się sprawniej niż płazy. Węże i nieliczne jaszczurki nie mają kończyn. Wszystkie gady oddychają **płucami**. Skóra gadów jest pozbawiona gruczołów. Zewnętrzne, zrogowaciałe warstwy naskórka co pewien czas są usuwane. Węże zrzucają naskórek w całości (**wylinka**), krokodyle w postaci płatów. Naskórek gadów wytwarza rogowe łuski, tarczki oraz płyty.

Gady rozmnażają się płciowo, większość jest jajorodna. Zapłodnienie zawsze jest wewnętrzne. Rozwój zarodka odbywa się w obrębie **blon płodowych** (owodni, omocznia i kosmówki). Błony płodowe umożliwiają rozwój zarodka w warunkach środowiska lądowego.





Młode, mierzące kilkanaście cm krokodyle wykluwające się z jaj

## 10.2. Przegląd grup gadów

**Żółwie** występują zarówno na lądzie, jak i w zbiornikach wodnych (morskich lub słodkich). Żółwie lądowe krocą powoli na masywnych, słupowatych kończynach. Wiosłowe kończyny żółwi morskich pozwalają na szybkie pływanie. Ciało żółwi chroni masywny pancerz. Funkcję zębów pełnią rogowe listwy w jamie gębowej.



Żółw błotny (jest bardzo rzadkim mieszkańcem zbiorników słodkowodnych w Polsce)

**Krokodyle** są zwierzętami wodno-lądowymi. Występują głównie w płytkich, ciepłych wodach śródlądowych. Doskonale pływają i są niebezpiecznymi drapieżnikami. Do krokodyli należą krokodyle właściwe, aligatory oraz gawiale. Pysk krokodyli właściwych jest wydłużony, zęby są dobrze widoczne. U aligatorów (aligatory i kajmany) pysk jest krótki, a zęby niewidoczne. Rybożerne gawiale mają długi, wąski pysk z dobrze widocznymi zębami.



### Krokodyl - kajman

**Luskonośne** dzielą się na **jaszczurki** (m.in. gekony, legwany, kameleony) i **węże** (m.in. pytony, grzechotniki). Jaszczurki tworzą zróżnicowaną grupę gadów lądowych. Większość to drapieżniki. Jedne poruszają się powoli, ale doskonale się maskują (kameleony). Inne są szybkie i potrafią nawet się wspinać (gekony, jaszczurka zwinka). Przestraszona jaszczurka potrafi odrzucić część ogona. Zwykle ulega on regeneracji. Węże występują na lądzie, chociaż niektóre gatunki wtórnie zasiedliły zbiorniki wodne (węże morskie). Węże poruszają się ruchem wijącym (większość znakomicie pływa). Gady te duszą ofiarę (pytony) bądź paraliżują jadem (grzechotniki). Wszystkie węże połykają swoją ofiarę w całości (nawet jeśli jest ona większa od średnicy ciała drapieżcy).

W Polsce spotkać można takie jaszczurki, jak zwinkę, żyworodną oraz padalca.





Jaszczurka żyworodna (płochliwa, bardzo pożyteczna mieszkanka lasów, łąk i ogrodów)

Z węży występują zaskroniec, żmija zygzakowata, gniewosz oraz wąż Eskulapa.



Żmija zygzakowata (jej ukąszenie może być niebezpieczne, ale nie atakuje bez powodu; lepiej ją po prostu omijać)

W naszym kraju żyje też wspomniany już żółw błotny.





Padalec - beznoga, nieszkodliwa jaszczurka często mylona jest ze żmiją zygzakowatą i bezmyślnie zabijana

### 10.3. Znaczenie gadów

#### Współczesne gady:

- są ważnymi ogniwami łańcuchów pokarmowych (większość gadów to drapieżniki)
- mięso krokodyli i żółwi oraz ich jaja są przysmakiem kulinarnym
- skóra niektórych krokodyli i węży wykorzystywana jest do wyrobu butów, torebek i pasków (w tym celu prowadzi się specjalne hodowle)
- niektóre gady produkują jad niebezpieczny dla człowieka (ale jady węży wykorzystywane są również w medycynie i przemyśle farmaceutycznym)
- krokodyle i jadowite węże mogą stanowić zagrożenie dla człowieka.

### Ciekawe!

Liopleurodon - wielki morski gad drapieżny żyjący w połowie ery mezozoicznej osiągał ok. 10 m długości. W tym czasie wielkie gady lądowe i morskie dominowały niemal całkowicie.



## 10.4. Porównanie gadów z płazami

Porównajmy teraz cechy płazów i gadów, które są szczególnie ważne dla funkcjonowania w środowisku lądowym.



| Grupa systematyczna | Skóra                                                                               | Narządy oddechowe                                                                       | Zapłodnienie i rozwój                                                              |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Płazy</b>        | jest wilgotna, naga i przepuszczalna dla gazów oddechowych                          | płuca lub skrzela (skrzelodyszne są wszystkie larwy i niektóre dorosłe płazy ogoniaste) | zwykle zapłodnienie jest zewnętrzne (w wodzie)                                     |
|                     | zawiera liczne gruczoły śluzowe                                                     |                                                                                         | rozwój złożony (larwa płazów bezogonowych – kijanka); ogólnie jajorodne            |
|                     | nie chroni przed utratą wody, ale wspomaga wymianę gazową                           |                                                                                         | rozwój zarodków i larw jest uzależniony od wody                                    |
| <b>Gady</b>         | jest sucha, pokryta łuskami lub tarczками i nieprzepuszczalna dla gazów oddechowych | płuca                                                                                   | zawsze zapłodnienie jest wewnętrzne                                                |
|                     | nie zawiera gruczołów                                                               |                                                                                         | rozwój prosty; jajorodne lub jajożyworodne                                         |
|                     | doskonale chroni przed utratą wody, ale nie wspomaga wymiany gazowej                |                                                                                         | rozwój zarodków nie jest zależny od wody (rozwijają się w osłonach błon płodowych) |

## 10.5. Podsumowanie

1. Gady są czworonożnymi, płucodysznymi kręgowcami lądowymi.
2. Są doskonale przystosowane do życia na lądzie. Niektóre gady wtórnie opanowały środowisko wodne.
3. Są pierwszą grupą kręgowców, które wytwarzają błony płodowe.

## 11. Ptaki - kręgowce aktywnie latające

### 11.1. Cechy grupy

Kręgowcami lądowymi, które opanowały umiejętność latania, są **ptaki**. Pokryte **piórami** ciało ptaków jest lekkie i ma **aerodynamiczny kształt**. **Sucha**, pozbawiona gruczołów **skóra** chroni ptaki przed utratą wody. Ptaki są **stałocieplne** i aktywne przez cały rok.

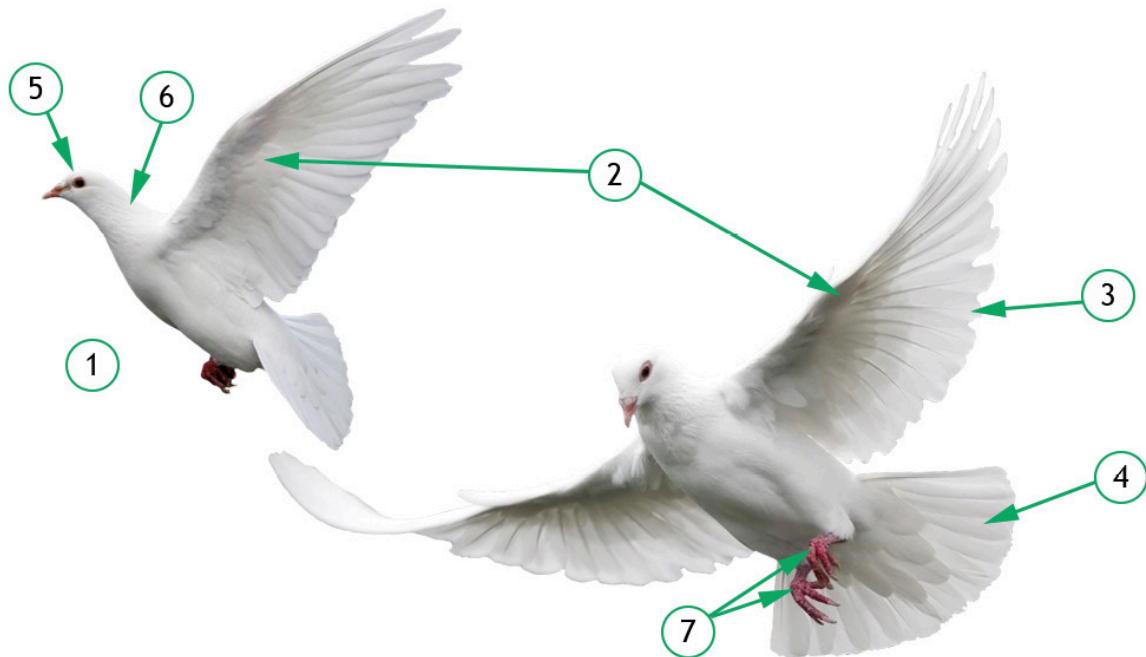
Ptaki występują bardzo powszechnie na całej kuli ziemskiej. Żyją nawet w górach, na wysokości ponad 6 tys. m n.p.m. Niektóre potrafią pokonywać ogromne odległości (podczas sezonowych wędrówek). Ptaki dzielimy na grzebieniowe oraz bezgrzebieniowe.



Polujący orzeł bielik - jeden z piękniejszych ptaków drapieżnych (występuje także w Polsce)

### 11.2. Przystosowania ptaków do lotu

Ptaki są kręgowcami czworonożnymi, przy czym pierwsza para kończyn została przekształcona w **skrzydła**.



Przystosowania ptaków do lotu w budowie zewnętrznej: 1 - aerodynamiczny kształt ciała, 2 - kończyny przednie przekształcone w skrzydła, lotki (3) i sterówki (4) tworzą dużą powierzchnię lotną, głowa (5) jest mała i lekka (ptaki zamiast zębów mają dziób, duże oczy z ruchomymi powiekami), szyja (6) jest ruchliwa, kończyny tylne (7) ułatwiają poruszanie się na lądzie (zwykle mają 4 palce zakończone rogowymi pazurami)

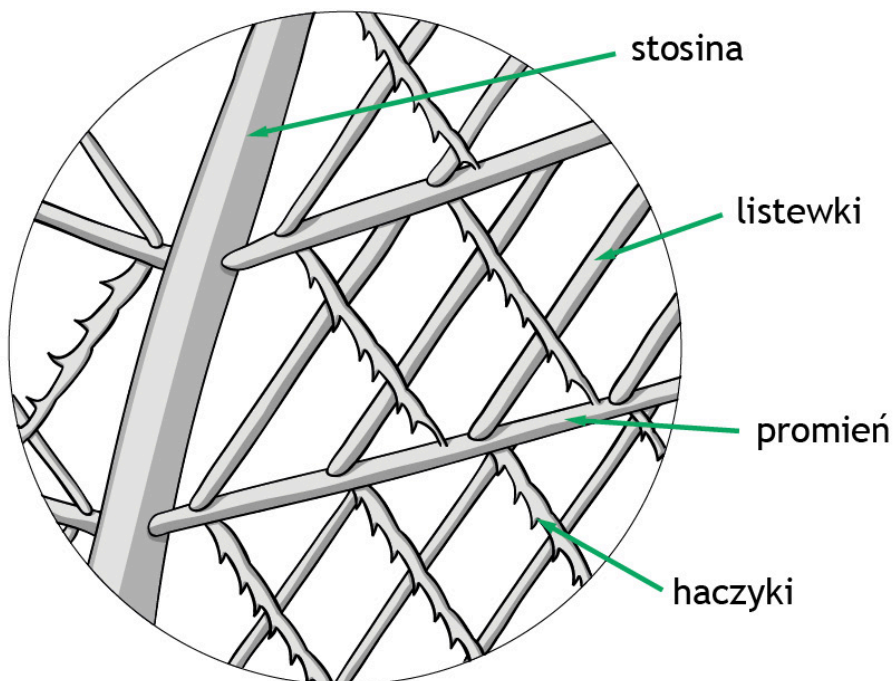
Ciało pokryte jest piórami. **Pióra** (lotki, sterówki, okrywowe i puchowe) są rogowym wytworem naskórka. **Lotki** tworzą powierzchnię nośną skrzydeł. **Sterówki** tworzą ogon. **Pióra okrywowe** i **puchowe** tworzą lekką, ale efektywną warstwę termoizolacyjną.

Pióra mają dutkę i stosinę. **Dutka** jest tą częścią pióra, która zagłębiona jest w skórze i mocuje całe pióro. **Stosina** tworzy punkty przyczepu dla chorągiewki. W piórach konturowych cienka i bardzo lekka chorągiewka rozpięta jest na długiej i stosunkowo sztywnej stosinie. W piórach puchowych stosina jest krótka i miękka, podobnie jak elementy chorągiewki.





Podział piór na konturowe i puchowe



Budowa pióra konturowego

**dutka + stosina = oś pióra**

Bezzębne szczęki ptaków opatrzone są lekkim, rogowym **dziobem**. Kończyny tylne są całkowicie podciągnięte pod ciało i służą do poruszania

się na lądzie. Niewielka głowa osadzona jest na ruchliwej szyi. Tułów jest krótki. Szkielet ptaków jest bardzo lekki, ponieważ występują w nim **kości pneumatyczne** (wypełnione powietrzem), a czaszka jest ażurowa. Kręgosłup jest usztywniony w całym odcinku tułowiowym. Mostek większości ptaków ma grzebień kostny. **Grzebień mostka** jest miejscem przyczepu dla silnych mięśni poruszających skrzydłami. Ptaki oddychają płucami, mają też worki płucne. Mechanizm wentylacji płuc ptaków nazywamy podwójnym oddychaniem. U nasady ogona znajduje się jedyny gruczoł skórny – gruczoł kuprowy. Wydzielina gruczołu kuprowego służy do natłuszczania piór. Największy gruczoł kuprowy mają ptaki wodne (dzięki jego tłustej, obfitej wydzielinie ich pióra nie zamakają).

Tak jak gady i ssaki, ptaki są **owodniowcami**. Wszystkie ptaki są **jajorodne** (jest to przystosowanie do lotu). Ze względu na opiekę nad potomstwem ptaki można podzielić na **gniazdowniki** i **zagniazdowniki**.



Tokująca para albatrosów

Podczas **toków**, czyli okresu godowego następuje:

- zmiana ubarwienia
- częste wybieranie terytorium gniazdowego

- łączenie się w pary (ptasie zaloty)
- budowanie gniazda (samica, samiec lub wspólnie).



Jaskółka karmiąca młode

W okresie lęgowym następuje:

- składanie i wysiadywanie jaj
- wykluwanie się piskląt
- opieka nad potomstwem.

O doskonałym przystosowaniu ptaków do lotu świadczy nie tylko budowa zewnętrzna i wewnętrzna, ale także czynności życiowe, a nawet zachowanie się.

### 11.3. Przegląd i znaczenie ptaków

Niemal wszystkie współczesne gatunki to **ptaki grzebieniowe**. Większość z nich doskonale lata. Do grzebieniowych należą także niepotrafiące latać pingwiny (są znakomitymi pływakami – ich zmodyfikowane skrzydła pełnią funkcję wiosł). Do ptaków grzebieniowych należą na przykład kolibry, wróble, skowronki, jaskółki, kuropatwy, kaczki, łabędzie, flamingi



oraz sępy, orły i jastrzębie.



Ptaki grzebieniowe - wróbel

**Ptaki bezgrzebieniowe** są nielotami, za to doskonale biegają. Mają zredukowane skrzydła, ale bardzo mocne kończyny tylne. Do ptaków bezgrzebieniowych należą strusie, kazuary oraz kiwi.



**Znaczenie ptaków:**

- stanowią ważne ogniwo łańcuchów pokarmowych (szczególnie ptaki owadożerne),
- zwalczają szkodniki upraw (owadożerne i drapieżne),
- są źródłem pożywienia (mięso i jaja gatunków hodowlanych),
- dostarczają wrażeń estetycznych (szczególnie miłośnikom ptaków),
- niektóre ptaki przenoszą robaki pasożytnicze i drobnoustroje chorobotwórcze.

## 11.4. Podsumowanie

1. Ptaki są kręgowcami aktywnie latającymi i skrajnie przystosowanymi do lotu.
2. Charakterystycznym elementem są skrzydła, bezzębny dziób i pokrycie ciała piórami.
3. Ptaki są zwierzętami stałocieplnymi.

## 12. Ssaki - najbardziej wszechstronne kręgowce

### 12.1. Cechy grupy

Większość **ssaków** żyje na lądzie, ale niektóre wtórnie przystosowały się do życia w morzach. Wśród ssaków są także takie, które potrafią latać. Prawie wszystkie ssaki są **żyworodne**. Młode ssaków odżywiają się **mlekiem** matki. Skóra ssaków pokryta jest **włosami** (sierścią) i tylko częściowo chroni przed utratą wody, ale stanowi doskonałą warstwę termoizolacyjną. Ssaki są kręgowcami **stałocieplnymi**, aktywnymi przez cały rok. Mają **największe mózgowie** i największe zdolności uczenia się spośród wszystkich zwierząt.

Ssaki dzielimy na **prassaki**, **torbacze** oraz **ssaki łżyskowe**.



Prassaki: dziobak jest swoistą mieszanką cech gadzich i ssaczych (zwierzę to występuje tylko w Australii i na Tasmanii)

### 12.2. Budowa

Ssaki są kręgowcami **czworonożnymi**. W porównaniu z płazami i gadami lokomocja ssaków jest znacznie bardziej efektywna. Kończyny prawie wszystkich ssaków są podciągnięte pod ciało. Staw łokciowy i kolanowy zginają się **przeciwstawnie**, a kończyny zginają się wzdłuż długiej osi



tułowia. Dzięki temu ssaki mogą bardzo szybko i wytrwale **biegać** (m.in. nie muszą wyginać ciała na boki). Zwykle kończyny są pięciopalczaste. U wielu ssaków mają jednak zmienioną budowę, na przykład kończyny ssaków morskich przekształcone są w płetwy, a nietoperzy w skrzydła.

**Zęby** większości ssaków są **zróżnicowane** na siekacze, kły, przedtrzonowe i trzonowe. Ssaki są wszystkożerne (dziki, małpy), roślinożerne (jeleniowate, koniowate, zające i gryzonie) lub mięsożerne (drapieżne, krety).



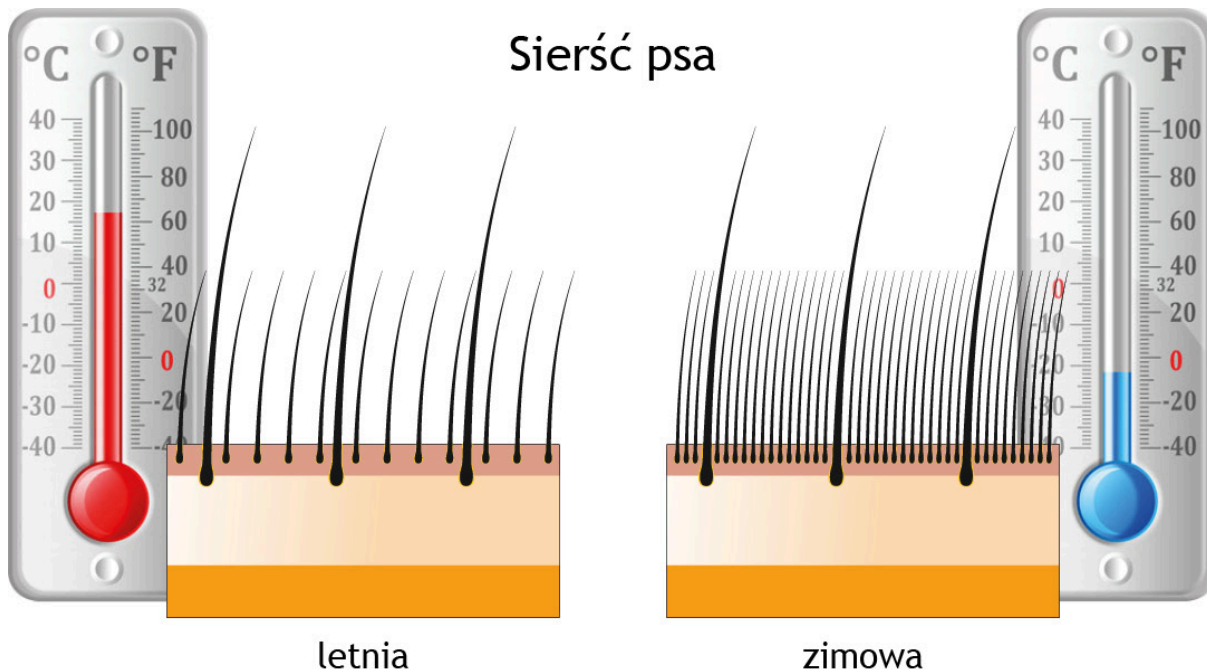
Kret - krótkie, masywne, "łopatowate" kończyny przednie ze spłaszczonymi pazurami umożliwiają drążenie podziemnych korytarzy

W mózgowiu ssaków zwracają uwagę duże, najczęściej pofałdowane półkule **kresomózgowia**. Pokrywa je wielowarstwowa **kora mózgowa**, w której znajdują się wyspecjalizowane ośrodki czuciowe, ruchowe i kojarzeniowe. To właśnie dzięki nim ssaki mają tak duże możliwości uczenia się i kojarzenia. Większość ssaków ma **małżowiny uszne**, które odbijają i kierują fale dźwiękowe do wnętrza uszu (skupianie dźwięków). Poza nielicznymi wyjątkami (np. orkami) ssaki mają doskonale rozwinięty zmysł węchu. Większość ssaków ma także bardzo dobrze rozwinięty zmysł wzroku.

Narządami wymiany gazowej ssaków są **pluca**. W skórze ssaków

występują liczne gruczoły. Najbardziej charakterystyczne są **gruczoły mlekowe**. W skórze ssaków występują też **gruczoły potowe**, **łojowe** i **zapachowe**.

Pocenie się jest ważnym elementem **termoregulacji**. Wraz z potem ssaki tracą nadmiar ciepła. Z kolei sierść (okrywa włosowa) chroni przed utratą ciepła. Wydzielina gruczołów łojowych zabezpiecza włosy przed zamoknięciem.

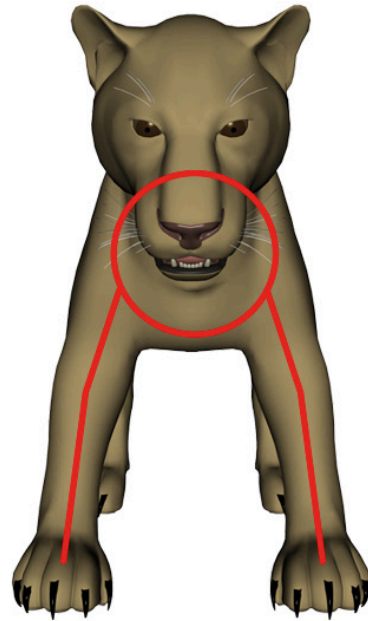
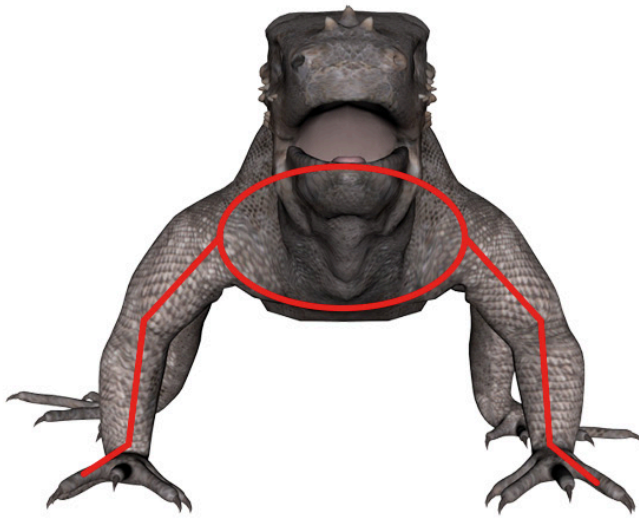


#### Termoregulacyjna rola okrywy włosowej

Ssaki, tak jak gady i ptaki, są **owodniowcami**. W rozrodzie ssaków występują znaczne różnice, na przykład prassaki są **jajorodne**, natomiast torbacze i łożyskowe są **żyworodne** – wytwarzają **łożysko**. Czas trwania ciąży zależy od gatunku. Po porodzie młode ssaki są niesamodzielne i zazwyczaj wymagają długotrwałej opieki rodziców. Wszystkie młode ssaki karmione są mlekiem – wydzieliną gruczołów mlekowych samicy. Zachowania godowe ssaków są złożone.

### 12.3. Porównanie ssaków z gadami

Ssaki pochodzą od gadów i w porównaniu ze swoimi starszymi krewniakami osiągnęły większą sprawność.



Porównanie wybranych cech gada (z grupy łuskonośnych) i ssaka (z grupy łóżyskowych).  
W obu przypadkach mamy do czynienia z gatunkami lądowymi

### **Cechy gadów łuskonośnych:**

- jajorodne lub jajożyworodne,
- brak gruczołów w skórze,
- rogowe łuski i tarczki,
- kończyny niecałkowicie podciągnięte pod ciało,
- bieg wymaga wyginania ciała na boki,
- serce czterojamowe, ale niepełna przegroda między komorami; erytrocyty jądrzaste,
- zmiennocieplne,
- płuca gąbczaste (brak przepony),
- małe mózgowie,
- niewielkie możliwości uczenia się.

### **Cechy ssaków łóżyskowych:**

- żyworodne (łożysko),



- liczne gruczoły skórne (potowe, łojowe, mleczne),
- włosy tworzą sierść (okrywę włosową),
- kończyny podciągnięte pod ciało,
- szybki, wytrwały bieg,
- siedem kręgów szyjnych,
- serce czterojamowe z pełną przegrodą; erytrocyty bezjądrzaste,
- stałocieplne,
- płuca pęcherzykowate o dużej powierzchni (przepona),
- duże mózgowie (szczególnie - półkule mózgowe),
- małżowiny uszne,
- duże możliwości uczenia się.

## 12.4. Przegląd i znaczenie ssaków

**Prassaki** (stekowce) są małą grupą archaicznych ssaków. Mają pewne cechy wspólne z gadami, między innymi jajorodność i szerokie rozstawienie kończyn na boki. Cechy ssacze to: włosy, stałocieplność, gruczoły mleczne i trzy kostki słuchowe. Stekowce reprezentuje tylko dziobak i kilka gatunków kolczatek.



Kolczatki zamieszkują tylko Australię, Tasmanię i Nową Gwineę

**Torbacze** zamieszkują Australię (kangury, koala) oraz obie Ameryki (dydelfy, czyli oposy). Torbacze rodzą zwykle jedno bardzo małe, słabo rozwinięte młode, które przepelza do specjalnej skórnej kieszeni – torby lęgowej (stąd nazwa tej grupy ssaków). Tam młode przez dłuższy czas rozwija się przyssane do sutka matki.



Dydelf wirginijski jest szeroko rozpowszechniony w Ameryce Północnej

**Ssaki łożyskowe** są najliczniejszą grupą. Można je spotkać niemal wszędzie. Wspomnianą już cechą charakterystyczną tej grupy jest **łożysko** – narząd wytwarzany wspólnie przez rozwijający się zarodek oraz organizm matki. Łožysko umożliwia sprawną wymianę gazową, dostarczanie substancji odżywczych do zarodka i usuwanie zbędnych produktów metabolizmu.

#### **Znaczenie ssaków:**

- są ważnym ogniwem łańcuchów pokarmowych,
- zwalczają szkodniki upraw (nietoperze, jeże, krety, kuny, łasice),
- są źródłem pożywienia i skór (gatunki hodowlane i łowne),
- służą jako zwierzęta laboratoryjne (m.in. do testowania leków),

- estetyczne (dla miłośników ssaków),
- niektóre ssaki przenoszą drobnoustroje chorobotwórcze (szczury – bakterie dżumy, z kolei lisy, psy i koty – wirusa wścieklizny),
- świnie i bydło domowe są żywicielami pośrednimi tasiemców,
- niektóre wyrządzają znaczne szkody w uprawach (myszy, norniki, czasem dziki).

#### Ciekawe!

Poroże jelenia, łosia, renifera czy daniela jest twardym kostnym elementem wyrastającym z kości czołowej. Poroże wyrasta tylko u samców (wyjątkiem są renifery) i jest zrzucane co roku zimą. Rogi antylop, kóz, bawołu czy żubra są rogowym wytwarem skóry właściwej (zbudowane są z keratyny).



## 12.5. Podsumowanie

1. Ssaki są czworonożnymi, stałocieplnymi owodniowcami.
2. Ich ciało pokryte jest włosami, które pełnią funkcję termoizolacyjną.
3. Ssaki osiągnęły najwyższy poziom rozwoju mózgowia i wykazują najbardziej złożone zachowania.
4. Większość ssaków jest żyworodna i wytwarza łożysko. Młode karmione są mlekiem matki.



## 13. Panel kontrolny Rozdziału VII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu VII (na [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

### 13.1. Polecenia kontrolne

#### Polecenia do lekcji 8. Ryby

1. Wymień kilka gatunków ryb słodkowodnych i morskich oraz chrzęstno- i kostnoszkieletowych.
2. Scharakteryzuj elementy budowy zewnętrznej ryby świadczące o przystosowaniu do życia w wodzie.
3. Przedstaw na przykładach związek budowy anatomicznej ryb ze środowiskiem ich życia.

#### Polecenia do lekcji 9. Płazy

1. Podaj cztery przykłady przedstawicieli płazów bezogonowych i dwa przykłady ogoniastych.
2. Wyjaśnij, dlaczego płazy są zwierzętami dwuśrodowiskowymi i zmiennocieplnymi.
3. Porównaj pokrycie ciała, narządy lokomocji i wymiany gazowej ryb i płazów.
4. Opracuj prosty schemat ilustrujący rozwój złożony płazów.
5. Zaproponuj sposoby ochrony płazów przed negatywnymi skutkami melioracji oraz komunikacji samochodowej.

#### Polecenia do lekcji 10. Gady

1. Wymień główne grupy gadów i podaj przykłady gatunków rodzimych.
2. Wykaż, że budowa zewnętrzna gadów odzwierciedla ich przystosowanie do życia na lądzie.
3. Porównaj i uzasadnij związek budowy powłok ciała ryb, płazów i gadów ze środowiskiem ich życia.
4. Opracuj tabelę, w której zestawisz charakterystyczne cechy żółwi, krokodyli, jaszczurek i węży.

#### Polecenia do lekcji 11. Ptaki

1. Podaj przykłady gatunków ptaków grzebieniowych i bezgrzebieniowych oraz kryterium ich podziału.
2. Wykaż, że ptaki mają liczne przystosowania do lotu w budowie morfologicznej i anatomicznej.
3. Wymień przynajmniej trzy przystosowania ptaków do stałocieplności.
4. Wy tłumacz, dlaczego gady i ptaki zaliczamy do owodniowców.
5. Zaprojektuj doświadczenie, w którym dowiedziesz, że skorupki jaj ptasich zawierają węglan wapnia.

### **Polecenia do lekcji 12. Ssaki**

1. Wymień co najmniej pięć cech budowy morfologicznej i anatomicznej występujących tylko u ssaków.
2. Wymień przykłady ssaków żyjących w różnych środowiskach i wykaż różnice między nimi.
3. Porównaj ssaki z gadami. Porównanie przedstaw w formie tabelarycznej.
4. Wykaż związek między stałocieplnością a możliwością zasiedlania wszystkich stref klimatycznych.

## **13.2. Ważne pojęcia**

• kręgowce • ryby • pletwy • łuski • linia naboczna • skrzela • pęcherz pławny • tarło • ikra • płazy • czworonogi • płuca • kijanka • gady • błony płodowe: owodnia, omocznia, kosmówka • owodniowce • ptaki • skrzydła • pióra • stałocieplność • kości pneumatyczne • podwójne oddychanie • worki powietrzne • jajorodność • toki • gniazdowniki • zagniazdowniki • ssaki • prassaki • torbacze •łożyskowce • włosy • gruczoły: mlekowe, potowe, łojowe • żyworodność • macica • łożysko • heterodontyzm: siekacze, kły, trzonowce • pęcherzyki płucne • przepona

# System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



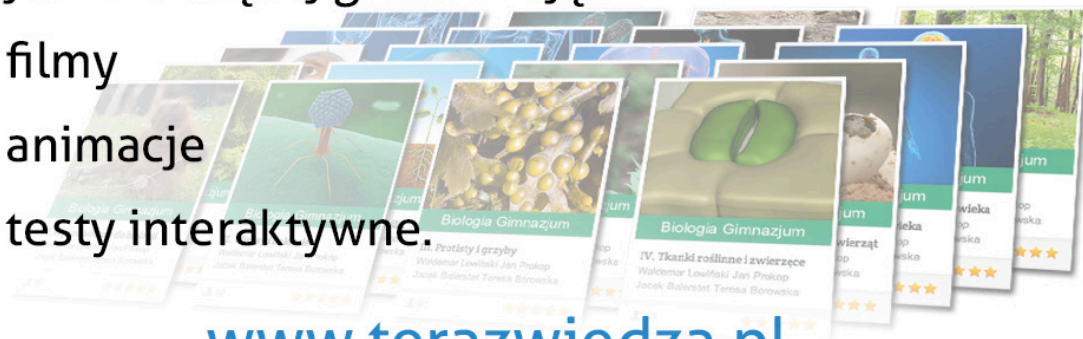
filmy



animacje



testy interaktywne.



[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)

Sprawdź już teraz!



## VIII. Czynności życiowe zwierząt



# 1. Odżywianie się zwierząt

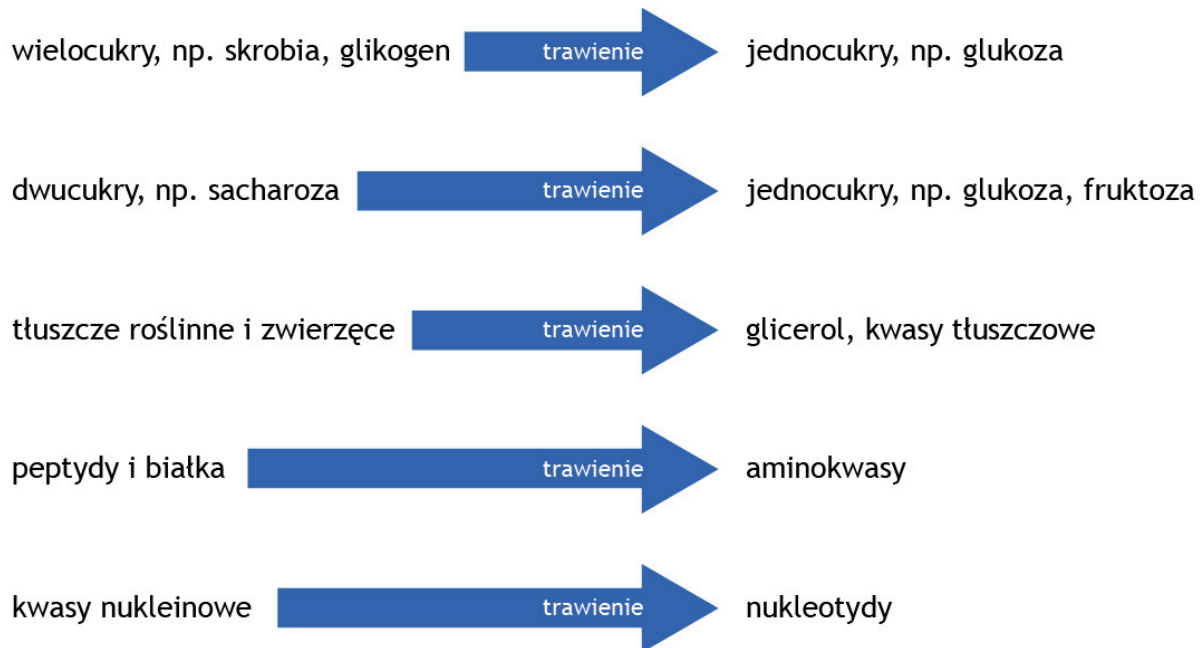
## 1.1. Składniki pożywienia

**Znajdowanie, zdobywanie i przyswajanie pożywienia** jest jedną z najważniejszych funkcji życiowych. Z tego powodu tę funkcję życiową przeanalizujemy jako pierwszą.

W pożywieniu zwierząt występują różne substancje: cukry, tłuszcze, białka, witaminy, sole mineralne, a także woda.

Przypomnijmy, że cukry, tłuszcze i białka służą zwierzęciu do budowy oraz naprawy własnych komórek, tkanek i narządów. Związki organiczne wykorzystywane są ponadto jako źródło energii niezbędnej na przykład do poruszania się lub wydania na świat potomstwa. Pobierane sole mineralne są niezbędne do budowy np. sztywnych elementów szkieletowych, a zawarte w nich pierwiastki są składnikami np. białek transportujących tlen. Witaminy regulują istotne funkcje życiowe.

Substancje organiczne o złożonej budowie chemicznej nie są przyswajane bezpośrednio. Muszą najpierw zostać rozłożone na związki prostsze (drobnocząsteczkowe). Dopiero w takiej postaci składniki pokarmowe mogą zostać wchłonięte i wykorzystane przez organizm. Proces rozkładu złożonych substancji pokarmowych na związki prostsze to **trawienie**. Wymaga ono udziału licznych **enzymów**, które nazywamy trawiennymi.



### Składniki chemiczne w pożywieniu, które muszą ulec strawieniu

Substancje drobnocząsteczkowe, takie jak rozpuszczone w wodzie sole mineralne, a także drobnocząsteczkowe związki organiczne, nie są trawione, lecz wchłaniane razem z produktami trawienia.

## 1.2. Typy układu pokarmowego

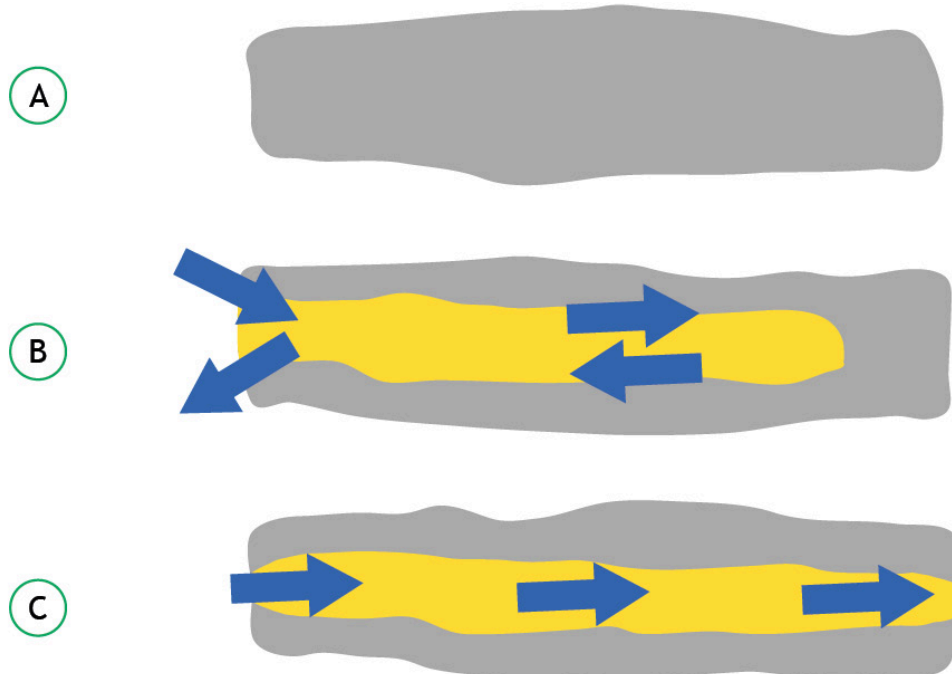
Zwierzęta odżywiają się różnymi pokarmami. Bardzo różnorodne są też sposoby zdobywania pokarmu. Zależy to przede wszystkim od budowy i trybu życia danego gatunku.

Gąbki i tasiemce nie mają układu pokarmowego. Gąbki **filtrują** przepływającą przez ich ciało wodę. Mają specjalne komórki, które wychwytyją, wchłaniają i trawią drobne cząstki pokarmowe – to **trawienie wewnątrzkomórkowe**. Tasiemce są pasożytami przewodu pokarmowego różnych kręgowców. W toku długotrwałej ewolucji zwierzęta te utraciły układ pokarmowy, ponieważ był im niepotrzebny – **wchłaniają** składniki pokarmowe strawione przez enzymy gospodarza **całą powierzchnią ciała**.

Pozostałe zwierzęta mają **układ pokarmowy**. W najprostszej postaci przewód pokarmowy jest **jednootworowy**. Taki niedrożny układ pokarmowy jest niezbyt efektywny. Usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych musi się odbywać przez otwór gębowy. Tak więc pobranie następnej porcji pokarmu możliwe jest dopiero po zakończeniu trawienia



poprzedniej. Zdecydowanie najczęściej przewód pokarmowy rozpoczyna się otworem gębowym i kończy otworem odbytowym. **Drożny przewód pokarmowy** pozwala na jednoczesną obróbkę pokarmu przesuwanego się przez przewód pokarmowy i przyjmowanie kolejnych porcji pożywienia.



Układ pokarmowy: A - brak układu pokarmowego: gąbki i tasiemce (wtórnie!), B - niedrożny układ pokarmowy: parzydełkowce, wirki i przywry, C - drożny układ pokarmowy: nicienie, pierścienice, stawonogi, mięczaki i kręgowce

**Uwaga:** przypominamy, że gąbki są zwierzętami beztkankowymi!

### 1.3. Odżywanie się

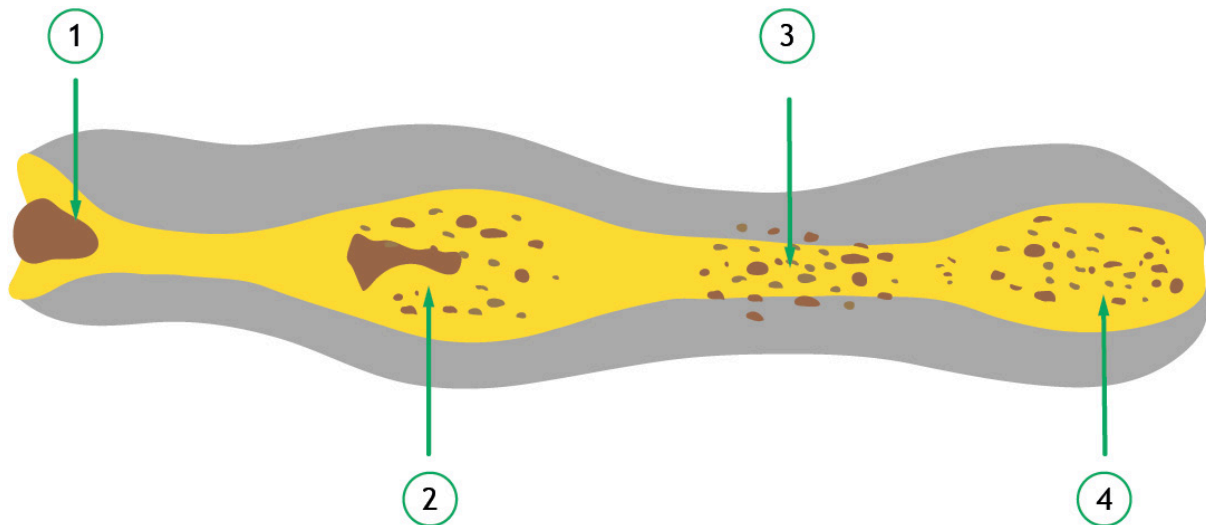
Przetwarzanie pożywienia obejmuje: pobieranie porcji pokarmu, trawienie, wchłanianie produktów trawienia oraz usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych.

**Pobieranie pokarmu** polega na wprowadzeniu go przez otwór gębowy i połknięciu. Początkowy odcinek przewodu pokarmowego stawonogów, mięczaków oraz kręgowców uległ znacznym modyfikacjom, co pozwala na pobieranie i wstępną obróbkę różnorodnych stałych lub półpłynnych pokarmów.

**Trawienie** u większości zwierząt jest **pozakomórkowe** i przebiega w świetle (we wnętrzu) przewodu pokarmowego - głównie w jego środkowym

odcinku. Ściany przewodu pokarmowego są odporne na działanie enzymów trawiennych. W tej części przewodu pokarmowego często występują różnorodne dodatkowe przystosowania, na przykład **kilkuczęściowy żołądek** ssaków przeżuwających. U stawonogów, mięczaków i kręgowców do środkowej części przewodu pokarmowego uchodzą przewody wyspecjalizowanych **gruczołów trawiennych** (gruczołów dodatkowych).

**Wchłanianie** strawionych składników pokarmowych wraz z wodą i solami mineralnymi odbywa się w końcowej części przewodu pokarmowego. Często występują przystosowania zwiększające wydajność wchłaniania. Należą do nich, dla przykładu, fałdy jelita lub kosmki zwiększające powierzchnię jelita. Substancje prostsze wchłaniane są do płynów ustrojowych i wraz z nimi rozprowadzane. Niestrawione resztki pokarmowe usuwane są przez **otwór odbytowy**. Zanim to jednak nastąpi, w końcowym odcinku przewodu pokarmowego wchłaniana jest woda z solami mineralnymi.



Przetwarzanie pokarmu w przewodzie pokarmowym dwuotworowym: 1 - pobieranie pokarmu (często rozdrobnienie i zwilżenie), 2 - trawienie – rozkład złożonych substancji pokarmowych (składników pożywienia), 3 - wchłanianie prostych substancji, 4 - usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych

### Ciekawe!

Pająki **trawią zewnątrz** – wydzielają soki trawienne do wnętrza ofiary, a następnie wysysają półpłynną, strawioną zawartość.

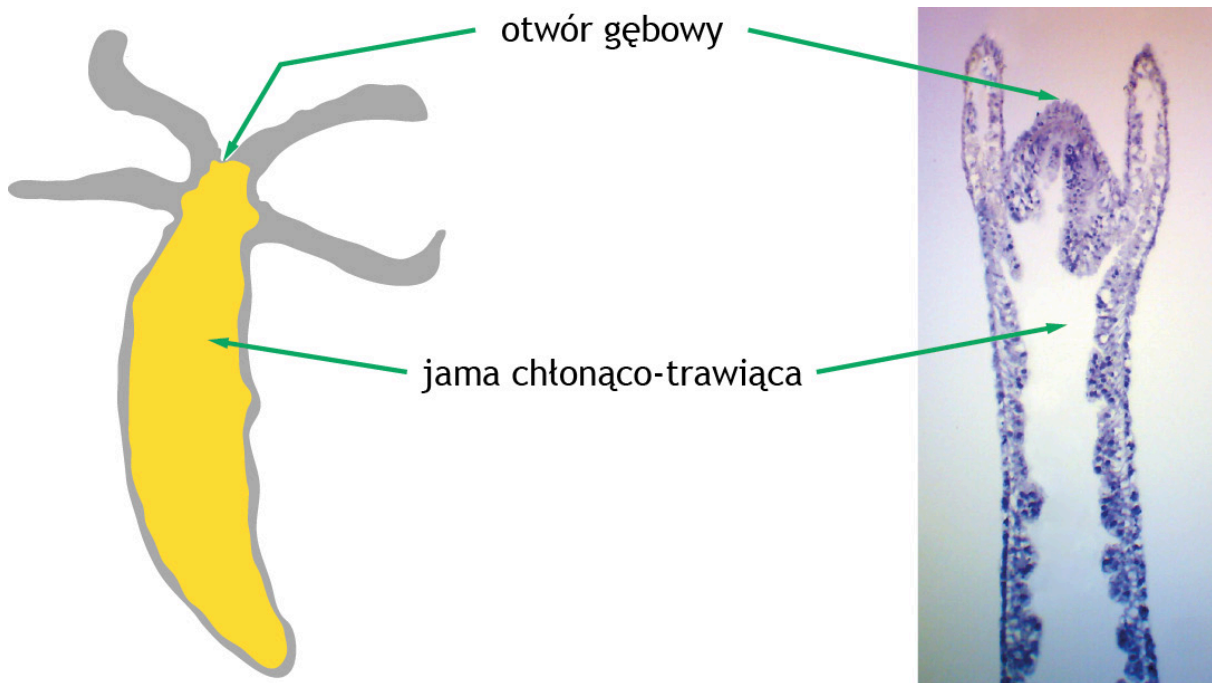


Pająk tygryk i jego ofiara

## 1.4. Odżywanie się bezkręgowców

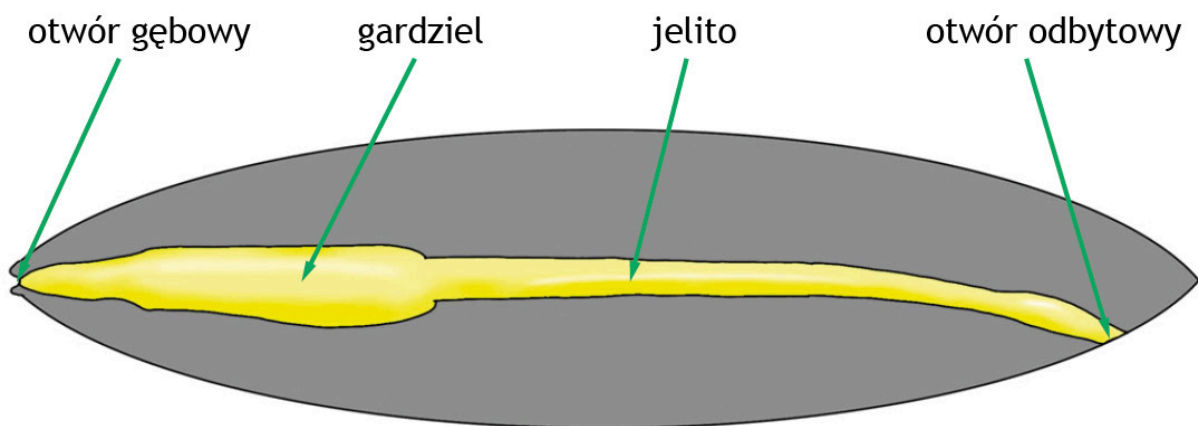
Parzydełkowce i liczne płazińce mają prosty układ pokarmowy z otworem gębowym, ale bez otworu odbytowego. Na przykład stułbia wciąga obezwładnioną parzydełkami ofiarę do jamy chłono-trawiącej. Wewnętrzna warstwa komórek (gastroderma) wydziela enzymy trawienne, mamy więc do czynienia z trawieniem zewnątrzkomórkowym. Komórki gastrodermy trawią także cząstki pokarmowe wewnątrzkomórkowo.





#### Prosty układ pokarmowy stułbi

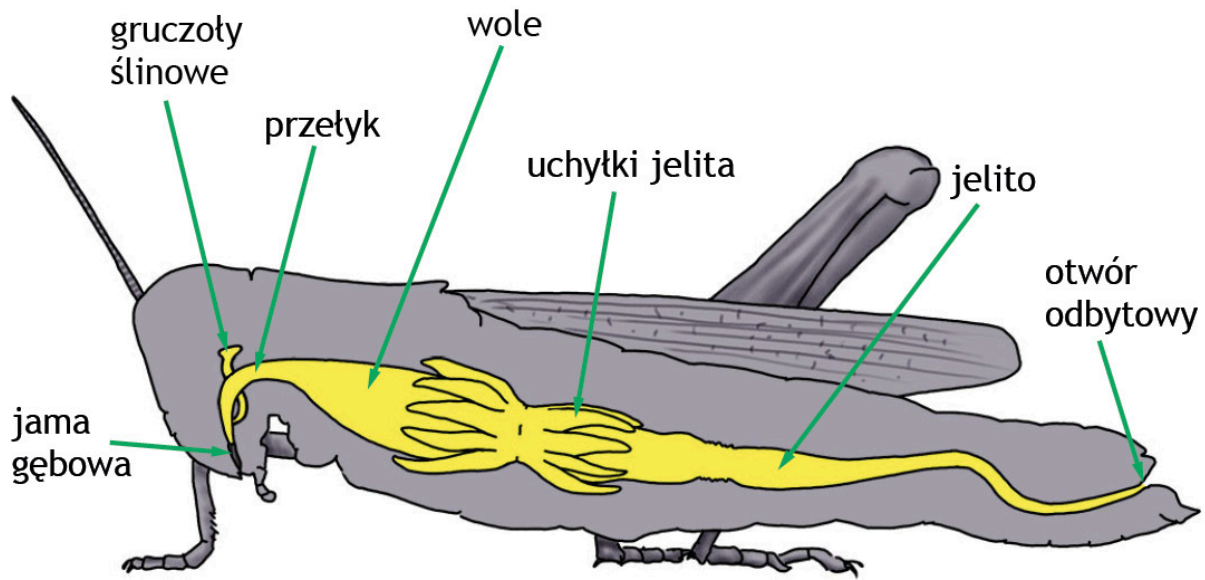
Przewód pokarmowy nicieni ma postać prostej rurki. Otwór gębowy otaczają fałdy oskórka – „wargi” oraz różnego rodzaju „sztyleciki”. Zależy to od gatunku nicienia i tego, czym się odżywia. Na przykład „wargi” glisty ludzkiej służą do przytwierdzenia się pasożyta do ściany jelita człowieka. Glista odżywia się płynnym pokarmem, który zasysa mięsistą gardzielą.



#### Prosty układ pokarmowy nicienia

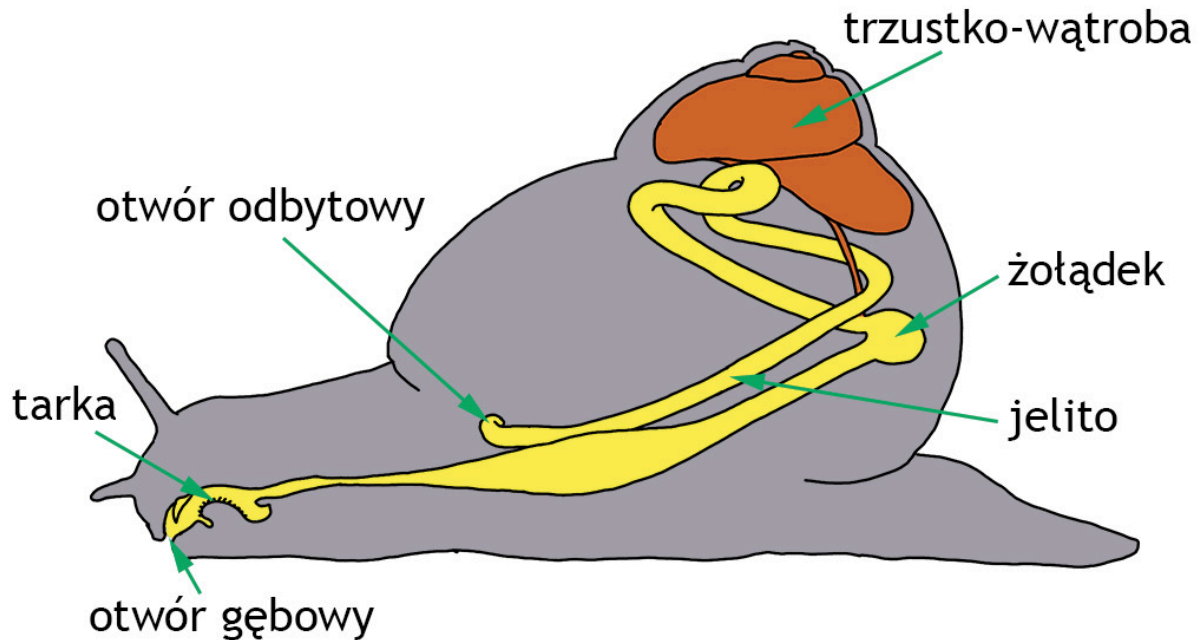
Układ pokarmowy pierścienic jest bardziej rozbudowany niż nicieni. Na przykład u dżdżownicy przednią część przewodu pokarmowego tworzy jama gębowa, gardziel i przełyk. Dalej znajduje się wole, żołądek i rurkowate jelito zakończone otworem odbytowym. Układ pokarmowy

stawonogów jest jeszcze bardziej zróżnicowany. W tej grupie zwierząt wykształciły się przystosowania umożliwiające odżywianie się właściwie wszystkimi rodzajami pokarmu stałego lub płynnego (np. aparaty gębowe owadów – gryzący, liżący, ssący, kłująco-ssący; szczękoczułki i nogogłaszczki pajęczaków).



#### Wyspecjalizowany i podzielony na odcinki układ pokarmowy pasikonika

Zróżnicowany układ pokarmowy mają także mięczaki. W gardzieli ślimaków i głowonogów znajduje się tarka – twardy, pokryty ząbkami narząd służący do ścierania pokarmu. Głowonogi mają ponadto silne, haczykowato zgięte „szczęki” służące do rozszarpywania zdobyczy.

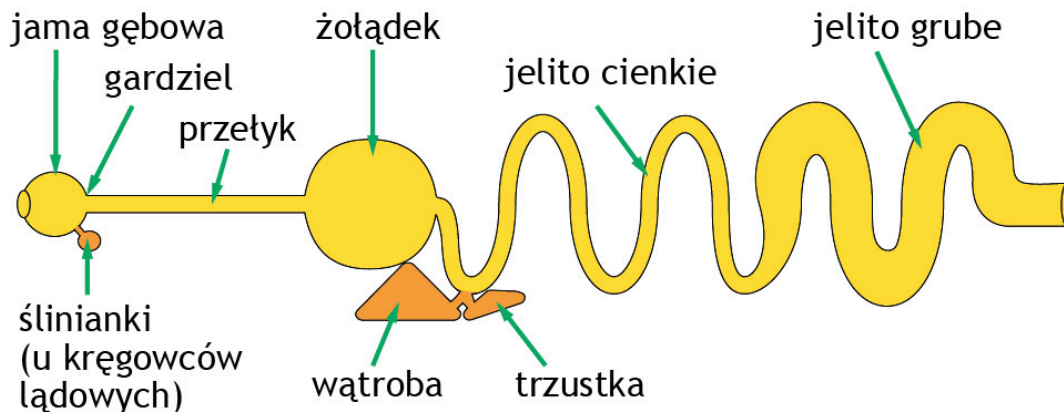
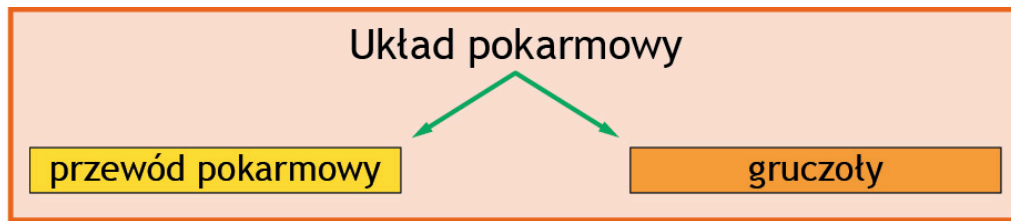


Układ pokarmowy ślimaka

## 1.5. Odżywanie się kręgowców

Wszystkie kręgowce mają drożny układ pokarmowy o dość podobnej budowie. Pobrany pokarm przechodzi przez następujące odcinki przewodu pokarmowego: **jamę gębową, gardziel, przełyk, żołądek, jelito cienkie i jelito grube**. Do przewodu pokarmowego uchodzą przewody gruczołów dodatkowych: **ślinianek, trzustki oraz wątroby**. Praca układu pokarmowego kręgowców zawsze przebiega w ścisłej współpracy z układem krwionośnym.

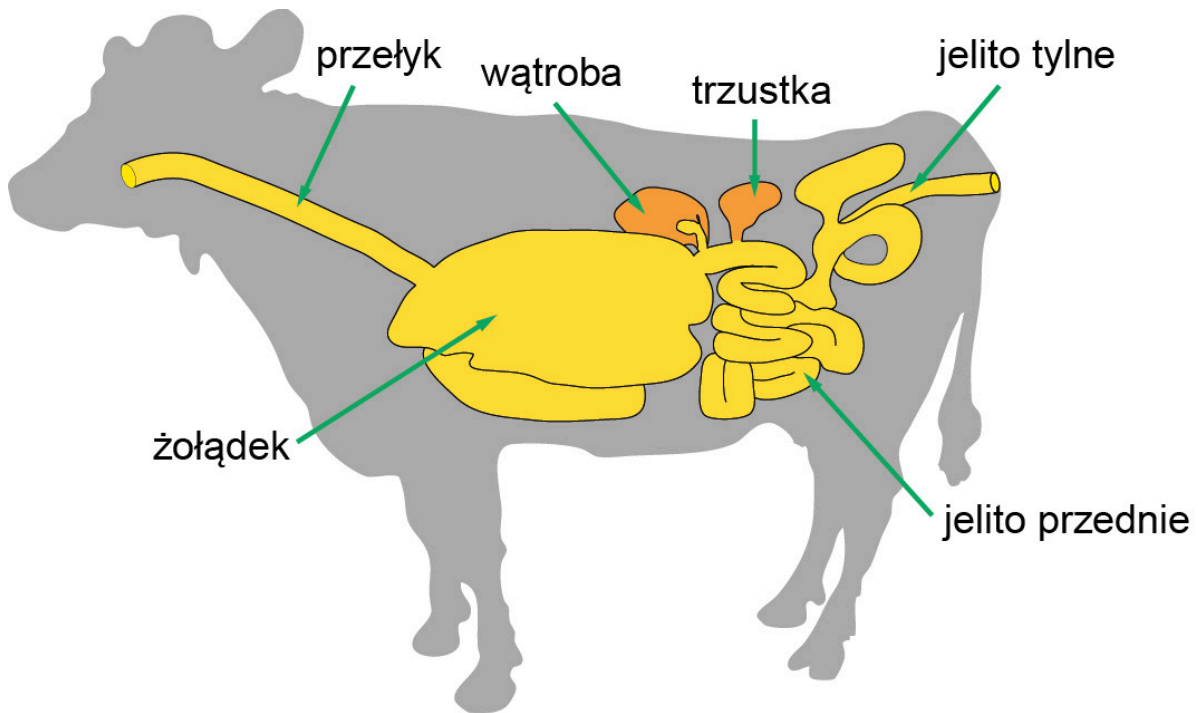




#### Ogólny plan budowy układu pokarmowego kręgowca

W jamie gębowej kręgowców pokarm jest mechanicznie rozdrabniany (choć nie zawsze) i nawilżany. Ślina niektórych ssaków zawiera enzym, który rozpoczyna trawienie cukrów. Przełyk jest rurą, przez którą pokarm przesuwany jest do żołądka. W żołądku pokarm jest mieszany, a często też rozcierany. Żołądek jest miejscem, gdzie rozpoczyna się trawienie białek. W jelicie cienkim intensywnie zachodzi trawienie cukrów, białek i tłuszczów oraz wchłanianie prostych substancji pokarmowych. W jelicie grubym wchłaniana jest woda i formowane są masy kałowe.

Pokarm roślinny jest trudny do strawienia, dlatego kręgowce roślinożerne mają znacznie dłuższe jelita i większe żołądki niż kręgowce mięsożerne (żołądki przeżuwaczy są bardzo duże i podzielone na kilka części). Największą trudnością jest rozłożenie celulozy – proces ten wymaga obecności mikroorganizmów, które wytwarzają odpowiedni enzym trawienny.



Krowa jest przeżuwaczem. W jej czteroczęściowym żołądku znajdują się symbiotyczne mikroorganizmy, które wydzielają enzym rozkładający celulozę

Istotne różnice w budowie poszczególnych elementów układu pokarmowego kręgowców dotyczą nie tylko żołądka, ale przede wszystkim jamy gębowej. Większość kręgowców ma **zęby** (nie mają ich tylko ropuchy, żółwie, ptaki oraz dziobak). Zęby ryb, płazów i gadów są niezróżnicowane, umożliwiają więc tylko przytrzymanie lub rozszarpanie ofiary.



### Zęby rekina - zwróć uwagę na ich liczbę i ułożenie

Ssaki mają uzębienie zróżnicowane na siekacze, kły, zęby przedtrzonowe i zęby trzonowe (wśród ssaków wtórnie nie zróżnicowane uzębienie mają np. orki). **Siekacze** pozwalają sprawnie odcinać porcje pokarmu, **kły** – przytrzymać lub zabić ofiarę, zęby **przedtrzonowe** i **trzonowe** – rozetrzeć pokarm, rozgnieść go lub połamać.

|   |  |                                              |                                                                                                                                                                                    |
|---|--|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A |  | Siekacze<br>Kły<br>Przedtrzonowe<br>Trzonowe | brak w szczęcie, te w żuchwie są duże<br>mocno zredukowane<br><br>duże i szerokie o spłaszczonej powierzchni,<br>służą do rozcierania pokarmu                                      |
| B |  | Siekacze<br>Kły<br>Przedtrzonowe<br>Trzonowe | niewielkie<br>dobrze rozwinięte, wystają ponad linię zgryzu<br>dobrze rozwinięte, ostre krawędzie<br>bardzo silne, umożliwiają nawet łamanie kości                                 |
| C |  | Siekacze<br>Kły<br>Przedtrzonowe<br>Trzonowe | dobrze rozwinięte<br>zwykle nieznacznie wystają ponad linię zgryzu<br>wykształcone<br>dobrze rozwinięte, pofałdowana powierzchnia<br>umożliwia rozdrabnianie różnorodnych pokarmów |



Uzębienie ssaka roślinożernego - sarny (A), mięsożernego - wilka (B) i wszystkożernego - dzika (C)

## 1.6. Podsumowanie

1. Wszystkie zwierzęta są organizmami cudzożywными, to znaczy pobierają ze środowiska niezbędne dostępne składniki w postaci związków organicznych. Związki te zostają strawione i wchłonięte.

2. Odżywianie się zwierząt jest czynnością wieloetapową, związaną ze zdobywaniem, rozdrabnianiem i trawieniem pokarmów, a także usuwaniem poza organizm komponentów niepodlegających strawieniu (defekacja).

3. Najprostsze zwierzęta – gąbki – są filtratorami. Do tej grupy należą także niektóre wieloszczety i małże.

4. Wszystkie zwierzęta wykształciły różnorakie przystosowania do pobierania i trawienia pokarmu.

5. Trawienie może zachodzić wewnątrz komórek (u pierwotniaków, jamochłonów i płazińców) albo na zewnątrz, w jamie chłono-trawiącej lub w świetle przewodu pokarmowego. Proces trawienia jest ciągiem złożonych przemian chemicznych, zachodzących przy udziale enzymów trawiennych, polegających na rozkładzie wielkocząsteczkowych składników organicznych na prostsze.

6. Enzymy trawienne wytwarzane są w gruczołach przewodu pokarmowego (np. w ścianie żołądka, jelita cienkiego) lub w gruczołach zlokalizowanych poza nim (np. w śliniankach, trzustce).

7. Wchłanianie prostych związków organicznych (cukrów prostych, aminokwasów, glicerolu, kwasów tłuszczowych, nukleotydów) zachodzi w jelicie cienkim – w odcinku przewodu pokarmowego wyspecjalizowanym w pełnieniu tej funkcji.

8. Wchłonięte składniki transportowane są (najczęściej przez krew) do komórek, gdzie podlegają dalszym przemianom (np. glukoza – utlenieniu, aminokwasy wykorzystywane są w syntezie nowych białek).

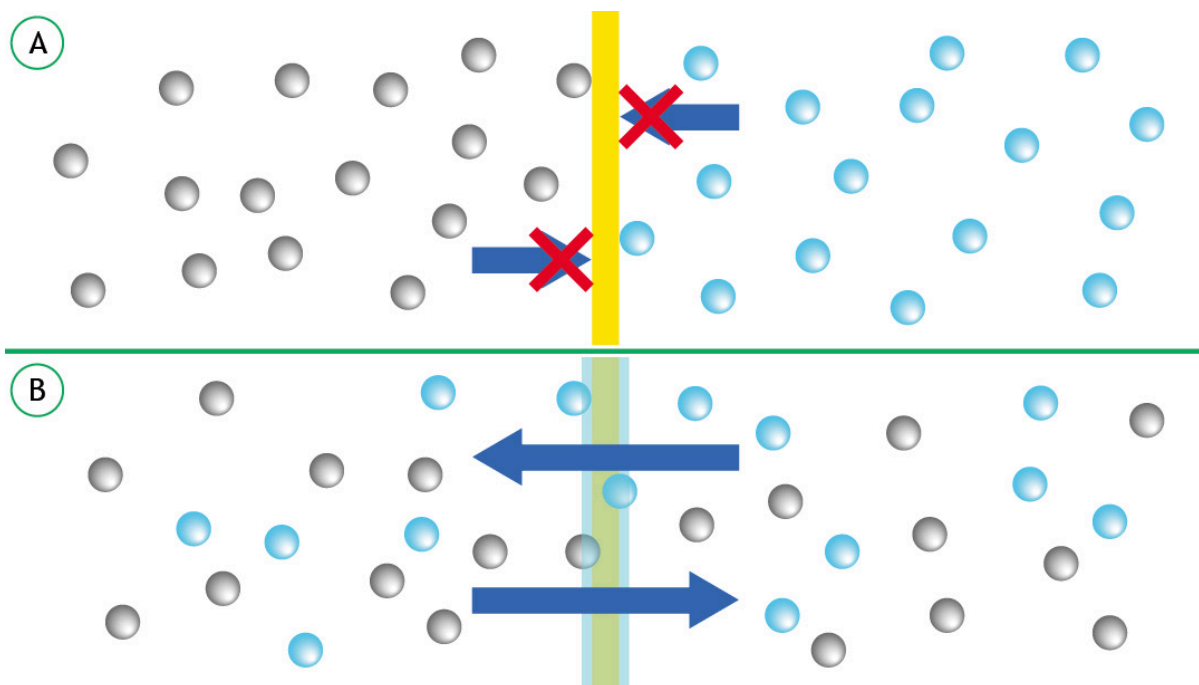
## 2. Wymiana gazowa zwierząt

### 2.1. Warunki wymiany gazowej

W świecie zwierząt beztlenowo oddychają jedynie niektóre pasożytnicze płazińce i obleńce. Pozostałe zwierzęta uzyskują energię z **oddychania tlenowego**. Jest to proces wielokrotnie bardziej wydajny niż oddychanie beztlenowe. Oddychanie tlenowe wymaga jednak dostarczenia do wszystkich komórek znacznych ilości tlenu oraz usunięcia powstającego dwutlenku węgla.

Pobieranie tlenu z otoczenia i usuwanie z organizmu dwutlenku węgla nazywamy **wymianą gazową**. Wymiana gazowa odbywa się na zasadzie dyfuzji gazów oddechowych: tlen dyfunduje do organizmu, dwutlenek węgla – odwrotnie, z organizmu.

Wymiana gazowa odbywa się tylko poprzez powierzchnie wilgotne (gazy oddechowe dyfundują w postaci rozpuszczonej w wodzie). Sucha powierzchnia uniemożliwia dyfuzję. Sprawność dyfuzji zależy też od grubości warstwy, przez którą zachodzi wymiana gazowa. Dlatego powierzchnię narządów oddechowych zawsze stanowią bardzo cienkie, delikatne nabłonki jednowarstwowe. U zwierząt lądowych są one pokryte cieniutką warstwą śluzu. Tempo dyfuzji zależy między innymi od rozpuszczalności danego gazu w wodzie oraz od temperatury.



Dyfuzja gazów oddechowych nie zachodzi przez suche powierzchnie, nawet jeśli „przegroda” jest bardzo cienka (A). Dyfuzja zachodzi sprawnie przez wilgotne powierzchnie, ale tylko jeśli „przegroda” jest bardzo cienka (B)

W przypadku małych, niezbyt aktywnych zwierząt wodnych, zwierząt zamieszkujących głębę oraz części pasożytów wewnętrznych wymiana gazowa odbywa się **całą powierzchnią ciała**. Większe zwierzęta wykształciły **narządy oddechowe** – specjalne wyrostki zewnętrzne lub wpuklenia do wnętrza ciała.

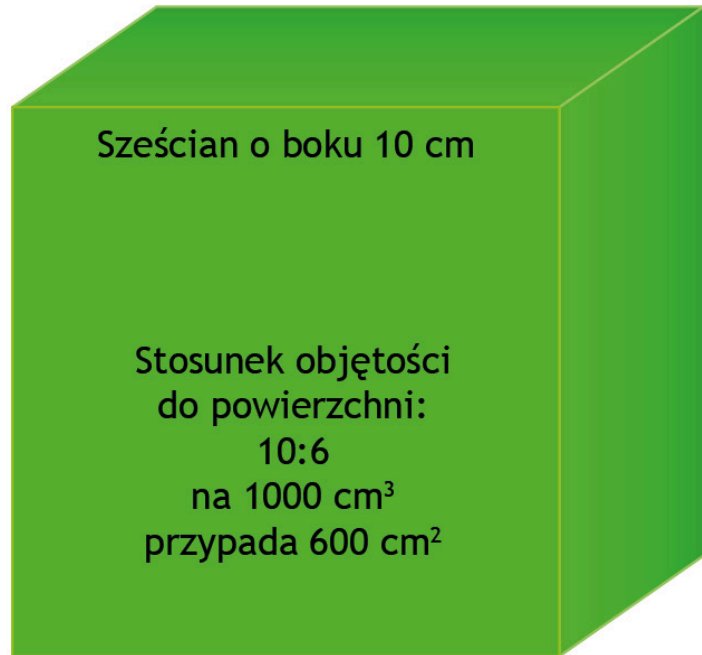


Sześcián o boku 1 cm



Stosunek objętości  
do powierzchni:  
1:6  
na 1 cm<sup>3</sup>  
przypada 6 cm<sup>2</sup>

Sześcián o boku 10 cm



Stosunek objętości  
do powierzchni:  
10:6  
na 1000 cm<sup>3</sup>  
przypada 600 cm<sup>2</sup>

Sześciány ilustrujące stosunek objętości do powierzchni. Widać, że większe zwierzęta mają relatywnie małą powierzchnię ciała

Podstawowym zadaniem narządów oddechowych jest zwiększenie powierzchni wymiany gazowej. Im zwierzę jest większe, bardziej aktywne ruchowo i ma szybszy metabolizm, tym większe jest jego zapotrzebowanie na tlen. U tych zwierząt wykształciły się specjalne mechanizmy zwiększające intensywność wymiany gazowej. Zaliczamy do nich aktywną **wentylację** narządów oddechowych (np. ruchy klatki piersiowej owodniowców, ruchy pokryw skrzelowych ryb kostnoszkieletowych) oraz transportowanie gazów oddechowych przez układ krwionośny.

Warunki wymiany gazowej w wodzie są zupełnie inne niż w środowisku lądowym. Podstawowym problemem jest tu niewielka ilość tlenu. Dla przykładu w 1 litrze wody słodkiej o temperaturze 20°C znajduje się tylko około 7 cm<sup>3</sup> tlenu. Wzrost temperatury i zasolenia zmniejsza rozpuszczalność tlenu w wodzie, dlatego latem dość często słyszymy o śniętych rybach w płytkich, przegrzanych zbiornikach słodkowodnych. W powietrzu atmosferycznym tlenu jest bardzo dużo – 21%. Na lądzie problemem nie jest więc dostępność tlenu, ale wysychanie powierzchni oddechowych.

Powietrze:

- zawartość tlenu: ok. 21% (zasadniczo stała)
- zawartość dwutlenku węgla: ok. 0,03% (stała)
- wilgotność: bardzo zmienna

Woda słodka:

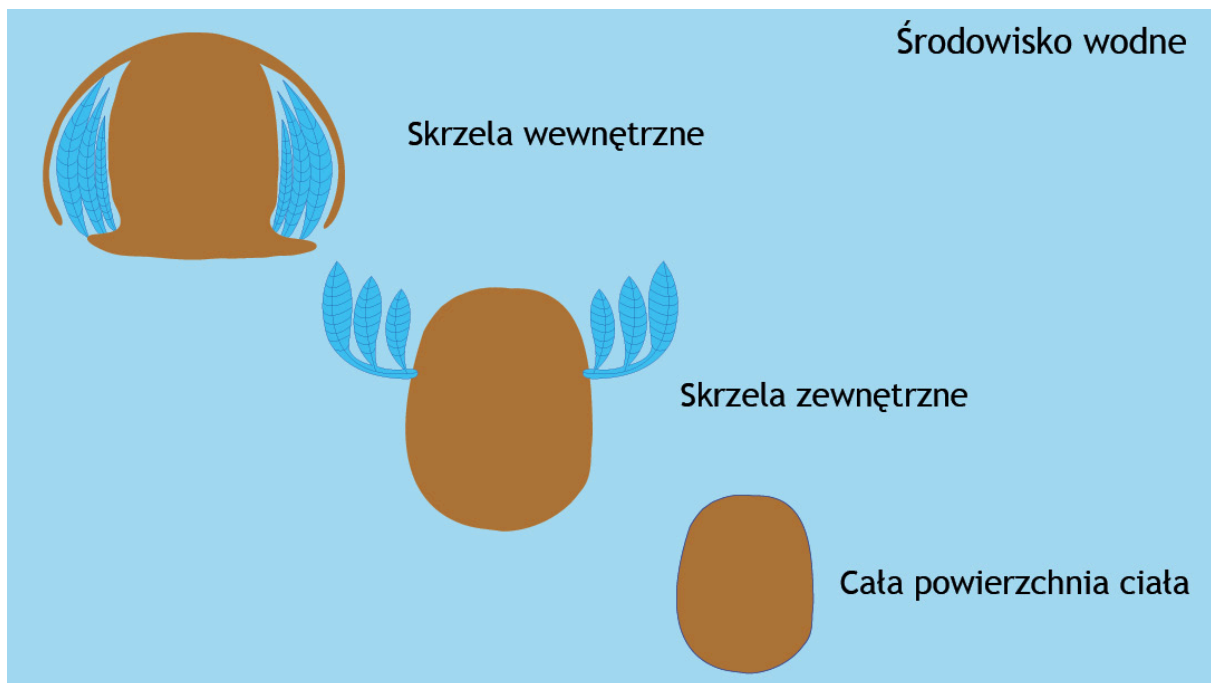
- zawartość tlenu: ok. 8 cm<sup>3</sup> w 1 l (w temp. 10°C)
- zawartość dwutlenku węgla: zmienna
- rozpuszczalność maleje wraz ze wzrostem temperatury

Gazy oddechowe w powietrzu i w wodzie

## 2.2. Zwierzęta wodne

Zwierzęta wodne oddychają całą powierzchnią ciała, skrzelami zewnętrznymi albo skrzelami wewnętrznymi.

Wymiana gazowa całą powierzchnią ciała jest mało wydajna. W ten sposób oddychają liczne wodne bezkręgowce o niewielkiej ruchliwości: parzydełkowce, wirki oraz nicienie, skąposzczety i pijawki.



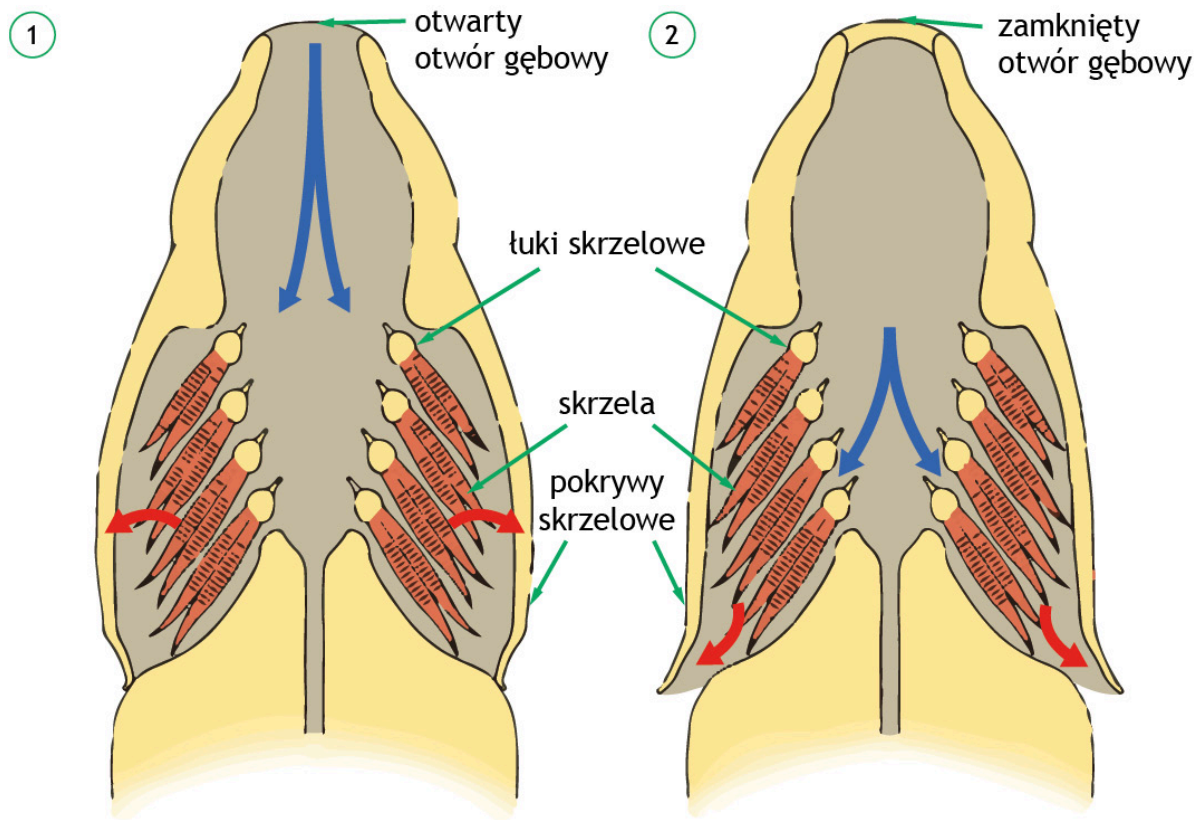
**Skrzela zewnętrzne** są silnie ukrwionymi, delikatnymi wyrostkami ciała swobodnie obmywanymi przez wodę. Takie narządy wymiany gazowej mają na przykład morskie ślimaki (nazywane nagoskrzelnymi) oraz kijanki płazów ogoniastych (w tym aksolotl – larwa ambystomy meksykańskiej). Do tego typu narządów oddechowych zaliczamy także wyrostki skrzelowe znajdujące się na parapodiach (pranóżach) wieloszczetów.





## Aksolotl

Skrzela zewnętrzne łatwo ulegają uszkodzeniom, a ponadto utrudniają szybkie poruszanie się. Takich problemów nie stwarzają **skrzela wewnętrzne**. Mają one postać cienkich, silnie ukrwionych wyrostków osłoniętych powłokami ciała. Skrzela raków osadzone są u nasady odnóży kroczych, u mięczaków ukryte są w jamie płaszczowej. Skrzela ryb są blaszkowatymi wyrostkami osadzonymi na łukach skrzelowych (na łuku skrzelowym osadzone są dwa szeregi listków skrzelowych). Ryby kostnoszkieletowe mają pokrywy skrzelowe, których ruch wymusza przepływ wody przez skrzela.



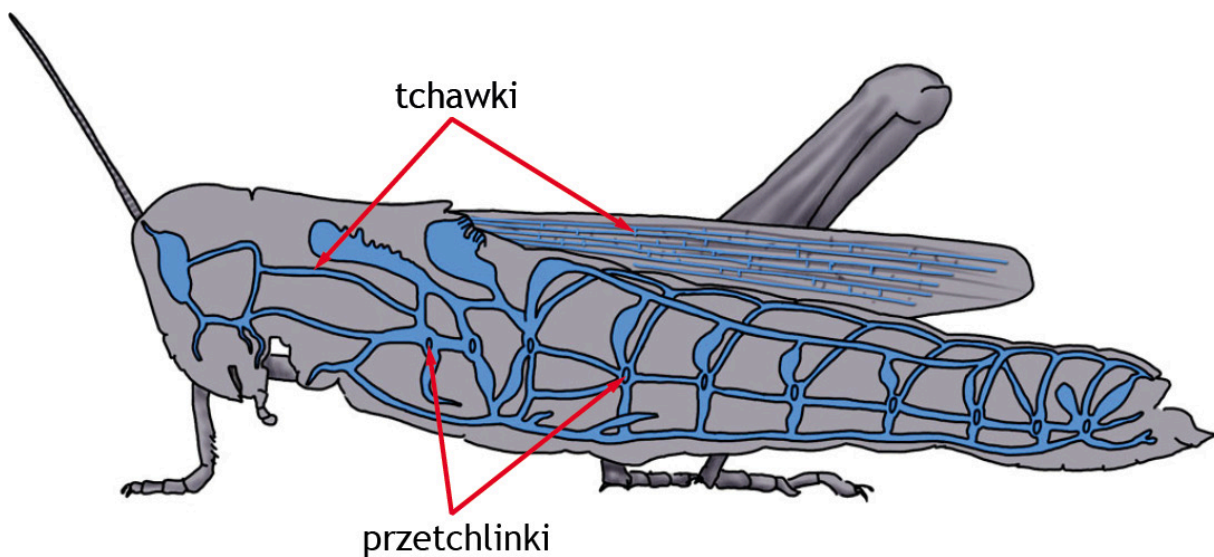
Ryba kostnoszkieletowa - mechanizm wymuszania przepływu wody przez skrzela

1. Zasysanie wody do jamy gębowej (otwarty otwór gębowy, pokrywy wieczka skrzelowego unoszą się, ale szczeliny skrzelowe są zamknięte).
2. Wypychanie wody (zamknięty otwór gębowy, pokrywy wieczka skrzelowego się opuszczają się, a szczeliny skrzelowe otwierają).

## 2.3. Bezkręgowce lądowe

Zwierzęta lądowe oddychają całą powierzchnią ciała, za pomocą tchawek

albo płucami. Wymiana gazowa całą powierzchnią ciała cechuje wolno żyjące nicienie lądowe oraz skąposzczety (zwierzęta te żyją w wilgotnej glebie). Powierzchnia ciała odgrywa też istotną rolę w wymianie gazowej u płazów (patrz dalej). **System tchawkowy** owadów tworzy niezwykle gęsta sieć cienkich chitynowych rureczek – tchawek. Ich najcieńsze odgałęzienia docierają do wszystkich zakątków ciała. Dzięki temu tlen dostarczany jest niemal bezpośrednio do każdej komórki (stawonogi są jedynymi ruchliwymi zwierzętami, u których wymiana gazowa zachodzi bez udziału układu krwionośnego). System tchawkowy wymienia powietrze przez przetchlinki – specjalne otworki rozmieszczone po obu stronach ciała.



#### System tchawkowy pasikonika

Nieco inaczej zorganizowany jest układ oddechowy pajęczaków. Ich narządem wymiany gazowej są blaszkowate **płuca**, tak zwane płucotchawki. Są to komory z silnie unaczynionymi (ukrwionymi) blaszkami. Do płucotchawek prowadzą przetchlinki.

Narządem oddechowym ślimaków lądowych jest silnie unaczyniona ściana jamy płaszczowej zwana płucem. Większe ślimaki mają płuco pofałdowane – dzięki temu powiększa się powierzchnia wymiany gazowej. Płuca ślimaków nie są aktywnie wentylowane.



Ślimaki płucodyszne oddychają powietrzem atmosferycznym

## 2.4. Kręgowce wodno-lądowe

Niemal wszystkie kręgowce czworonożne są **płucodyszne** (wyjątek stanowią niektóre płazy ogoniaste oraz kijanki). Układ oddechowy poszczególnych grup kręgowców różni się budową. Jest to skutek ewolucji prowadzącej do zwiększania powierzchni wymiany gazowej i usprawnienia wentylacji płuc. Praca układu oddechowego wszystkich kręgowców przebiega w ścisłej współpracy z układem krwionośnym.

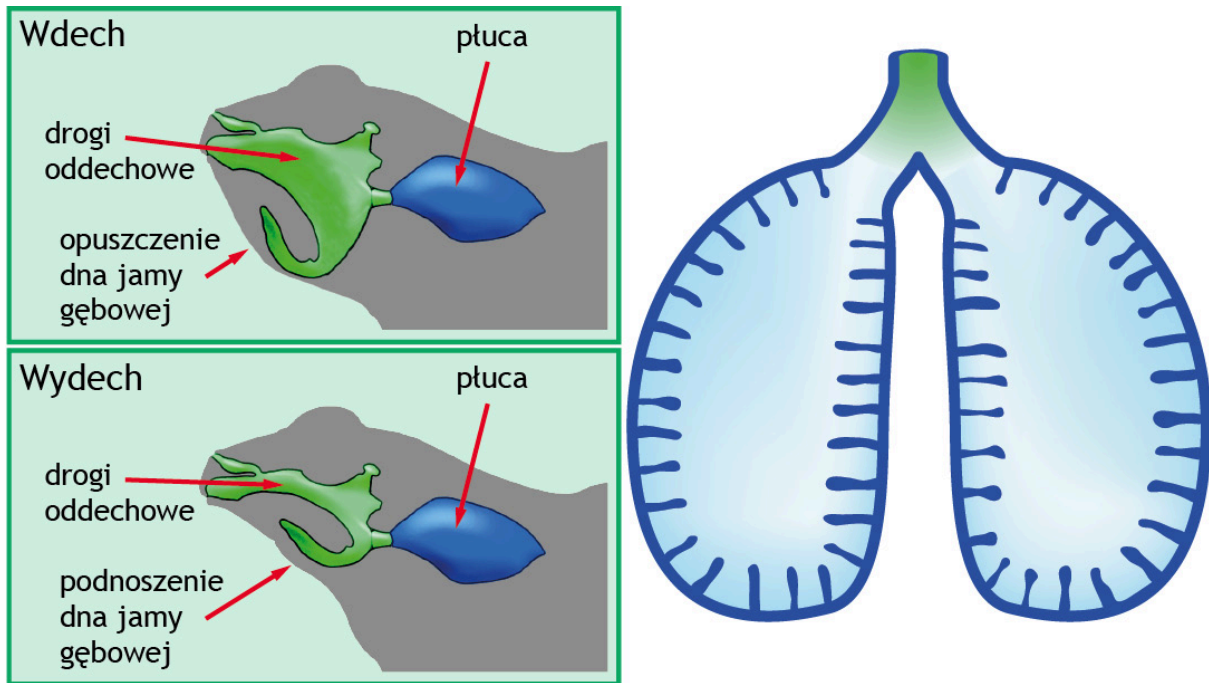
Układ oddechowy każdego kręgowca czworonożnego tworzą **drogi oddechowe** oraz **płuca**. Drogi oddechowe transportują powietrze, a także wstępnie je nawilżają i oczyszczają. Płuca są parzyste, tylko u niektórych węży jedno płuco zanikło.

Narządem oddechowym dorosłych płazów bezogonowych i większości płazów ogoniastych są workowate płuca. Płuca płazów są tylko nieznacznie pofałdowane, przez co ich powierzchnia jest mała. Ponadto płazy nie mają klatki piersiowej (brak żeber). Wentylację płuc umożliwiają rytmiczne ruchy dna jamy gębowej.

Sprawność układu oddechowego płazów jest niezbyt duża. Jego funkcję uzupełnia więc **oddychanie skórne**. Skóra płazów jest delikatna, silnie ukrwiona i musi być stale zwilżana wydzieliną gruczołów śluzowych. To



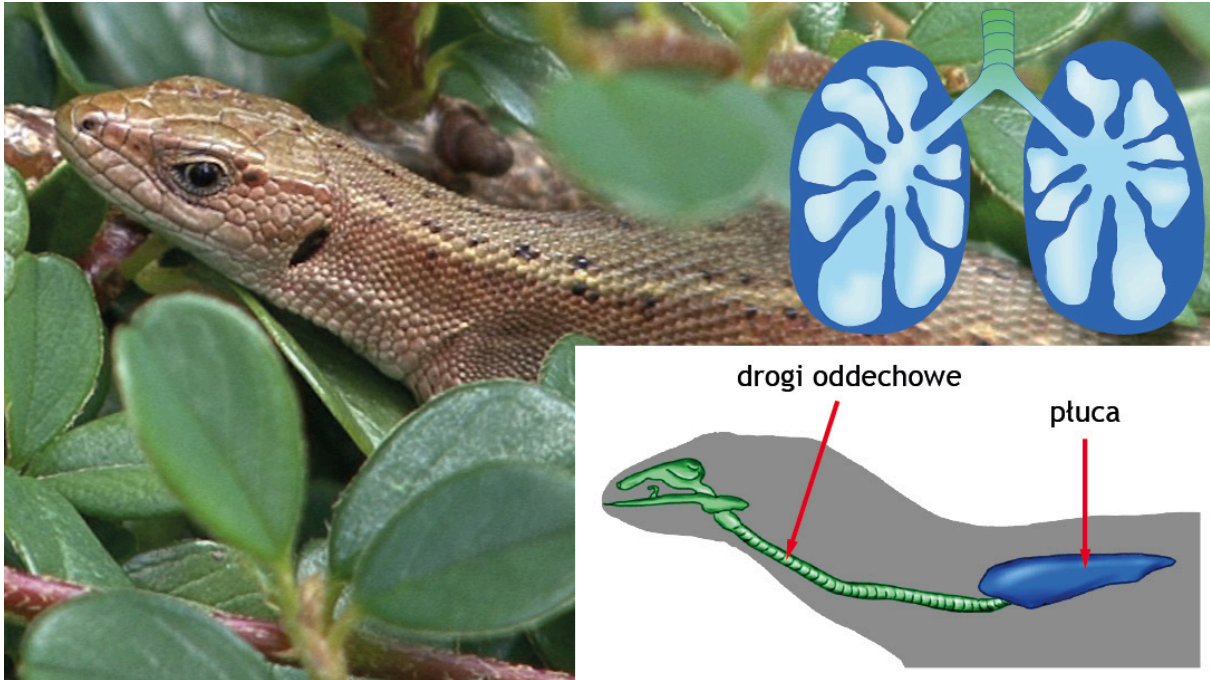
jeden z podstawowych powodów niewystępowania płazów w miejscach, gdzie jest mało wody.



Dorosłe płazy bezogonowe oddychają, wykorzystując płuca i skórę

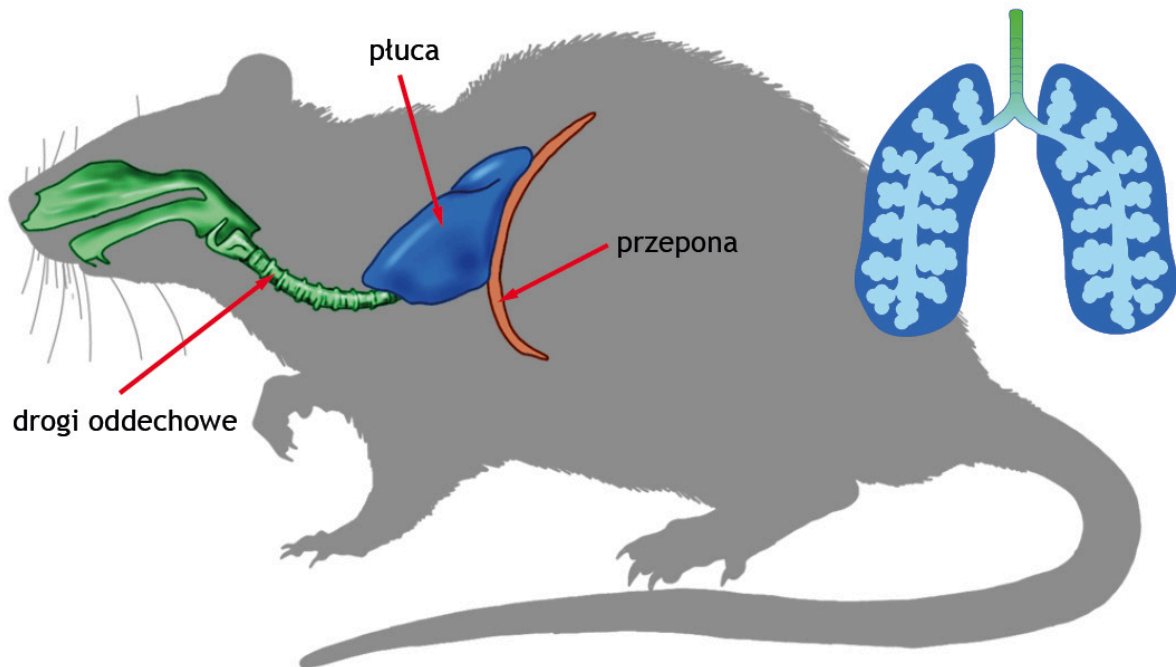
## 2.5. Kręgowce lądowe

Narządem oddechowym gadów są silnie pofałdowane, **gąbczaste płuca** (ich powierzchnia jest większa niż u płazów). Sprawną wentylację płuc umożliwiają rytmiczne ruchy mięśni oddechowych zmieniających objętość **klatki piersiowej**. Drogi oddechowe gadów są dłuższe niż u płazów: gardziel prowadzi do długiej tchawicy, która rozdziela się na dwa oskrzela główne wchodzące do płuc. Dodajmy też, że skóra gadów jest sucha i pokryta łuskami, co uniemożliwia oddychanie skórne. Taka budowa skóry powoduje jednak, że gady wcale nie tracą wody przez powierzchnię ciała i mogą żyć w miejscach bardzo suchych.



### Płuca gadów w pełni zaspokajają zapotrzebowanie na tlen

Sprawność układu oddechowego ssaków jest jeszcze większa niż układu gadów. Narządem oddechowym są **pęcherzykowate płuca**. W każdym płucu jest kilka milionów drobnych **pęcherzyków płucnych** oplecionych gęstą siecią naczyń włosowatych. Wentylację płuc ssaków umożliwiają rytmiczne ruchy mięśni oddechowych **klatki piersiowej**, a ponadto skurcze **przepony**. Jama nosowa ssaków jest całkowicie oddzielona od jamy gębowej (możliwe jest więc jednoczesne żucie pokarmu i oddychanie). Gardziel prowadzi do tchawicy, która rozdziela się na dwa oskrzela główne wchodzące do płuc. Skóra ssaków nie jest tak zrogowaciała i sucha jak u gadów. Oddychanie skórne ssaków jest jednak bardzo ograniczone i nie ma istotnego znaczenia dla zaopatrzenia w tlen.

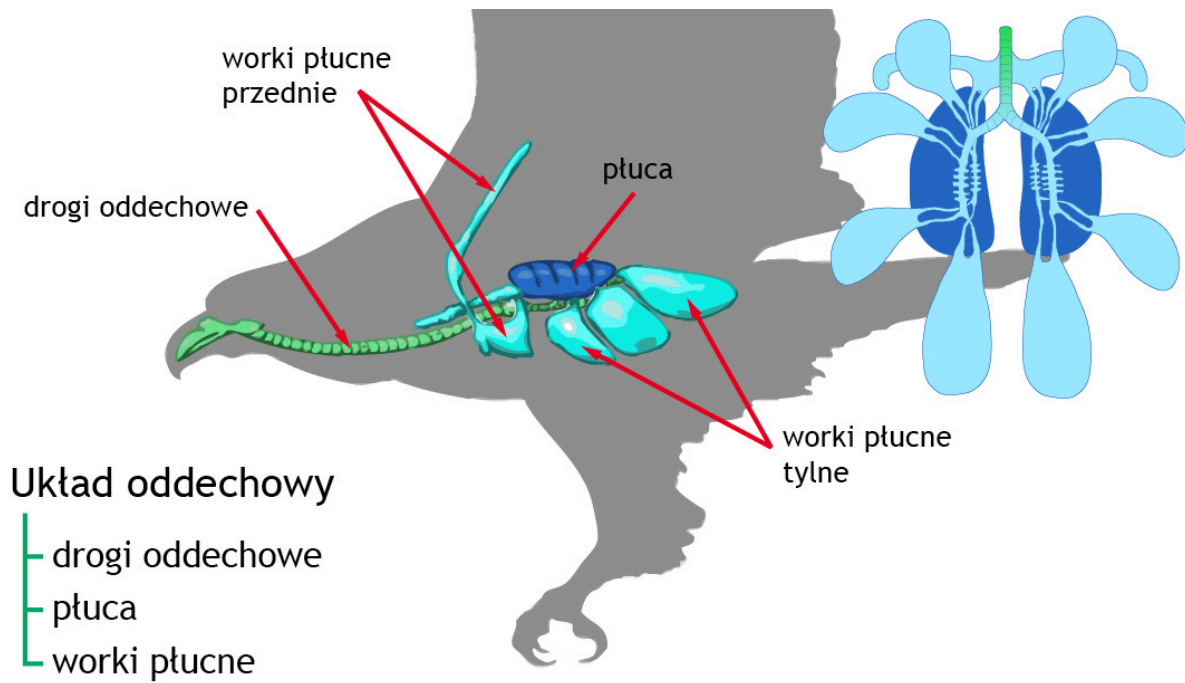


### Pęcherzykowate płuca ssaka są bardzo efektywne

Układ oddechowy ptaków ma budowę niespotykaną u innych kręgowców. Składa się z **dróg oddechowych**, **rurkowatych płuc** oraz **worków płucnych**. Jama nosowa ptaków jest oddzielona od jamy gębowej. Gardziel prowadzi do szerokiej, długiej tchawicy, która rozdziela się na dwa oskrzela główne wchodzące do płuc. Płuca ptaków są niezbyt duże, ale w stosunku do objętości mają ogromną powierzchnię (zbudowane są z niezwykle cienkich rurczek, oplecionych naczyniami włosowatymi). Specyficzną częścią układu oddechowego ptaków są worki płucne (przednie i tylne). Nie zachodzi w nich wymiana gazowa (worki powietrzne mają gładką powierzchnię i są słabo ukrwione). Umożliwiają natomiast ciągły przepływ świeżego powietrza przez płuca (tak podczas wdechu, jak i wydechu). Nazywamy to **podwójnym oddychaniem**.

Tak jak gady i ssaki, ptaki mają klatkę piersiową. Wentylację płuc umożliwiają rytmiczne ruchy silnych mięśni oddechowych klatki piersiowej. W czasie lotu wdechy i wydechy zsynchronizowane są z wymachami skrzydeł. Skóra ptaków jest sucha i pokryta piórami, co uniemożliwia oddychanie skórne (jednocześnie ptaki nie są narażone na utratę wody przez skórę). Bardzo duża sprawność układu oddechowego ptaków jest związana ze stałocieplnością oraz zdolnością do lotu.





Rurkowate płuca ptaków umożliwiają najszybszą wymianę gazową wśród wszystkich kręgowców

## 2.6. Ptaki - podwójne oddychanie

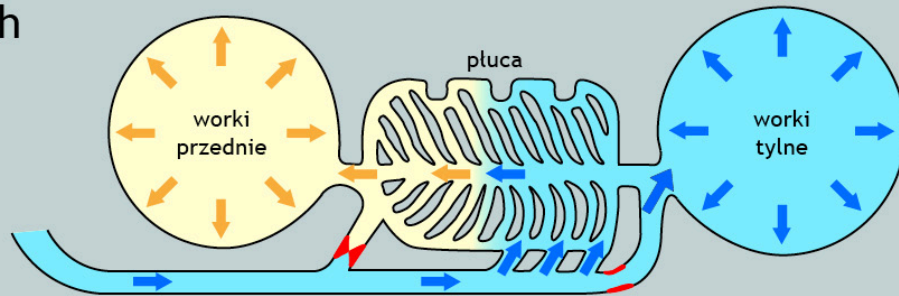
### Ciekawe!

Rurkowate płuca, worki powietrzne i podwójne oddychanie to „przepis” na wyjątkowo wysoką wydajność układu oddechowego ptaków.

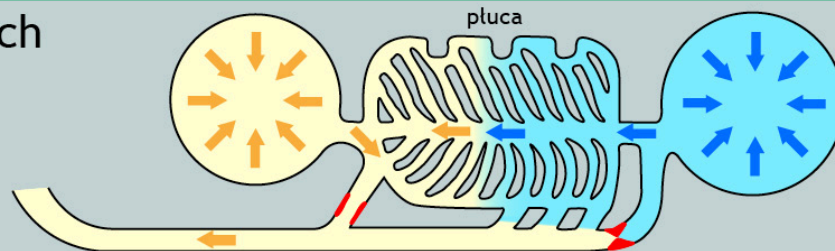
Podczas **wdechu** świeże powietrze zasysane jest przez rozciągające się worki płucne. Część powietrza trafia do worków tylnych. Pozostała część przechodzi przez płuca (tam ulega zużyciu) i dostaje się do worków przednich.

Podczas **wydechu** powietrze wytłaczane jest na zewnątrz przez ściskane worki płucne. Niezużyte powietrze z worków tylnych przechodzi przez płuca (tam ulega zużyciu). Zużyte powietrze z worków przednich i z płuc trafia na zewnątrz.

### Wdech



### Wydech



➡ Zużyte powietrze (ubogie w tlen)      ➡ Świeże powietrze (zasobne w tlen)

## 2.7. Podsumowanie

1. Tylko nieliczne zwierzęta (robaki pasożytnicze) pozyskują energię w wyniku oddychania beztlenowego (fermentacji).
2. U podstaw wymiany gazowej leży dyfuzja gazów oddechowych przez wilgotne i bardzo cienkie nabłonki.
3. U niewielkich i mało aktywnych zwierząt wymiana gazowa odbywa się całą powierzchnią ciała. Zwierzęta większe, o wyższym tempie przemiany materii, wykształciły wyspecjalizowane narządy wymiany gazowej.
4. Narządami wymiany gazowej bezkręgowców lądowych są tchawki, płucotchawki i płuca, a u bezkręgowców oraz kręgowców wodnych skrzela wewnętrzne lub zewnętrzne. U większości zwierząt w transporcie gazów oddechowych uczestniczy układ krwionośny.
5. Układ oddechowy kręgowców lądowych tworzą drogi oddechowe i

płuca. W drogach oddechowych powietrze ulega oczyszczeniu oraz nawilżeniu i ogrzaniu (zwłaszcza u kręgowców stałocieplnych).

6. Płuca płazów mają małą powierzchnię wymiany gazowej i słabo wykształcony mechanizm przewietrzania.

7. Kręgowce lądowe (gady, ptaki, ssaki) oprócz dużej powierzchni wymiany gazowej wykształciły sprawne mechanizmy wentylacji płuc (mają klatkę piersiową). Szczególnie wysoką sprawność osiąga układ oddechowy ssaków (m.in. przepona) i ptaków (worki płucne, podwójne oddychanie).



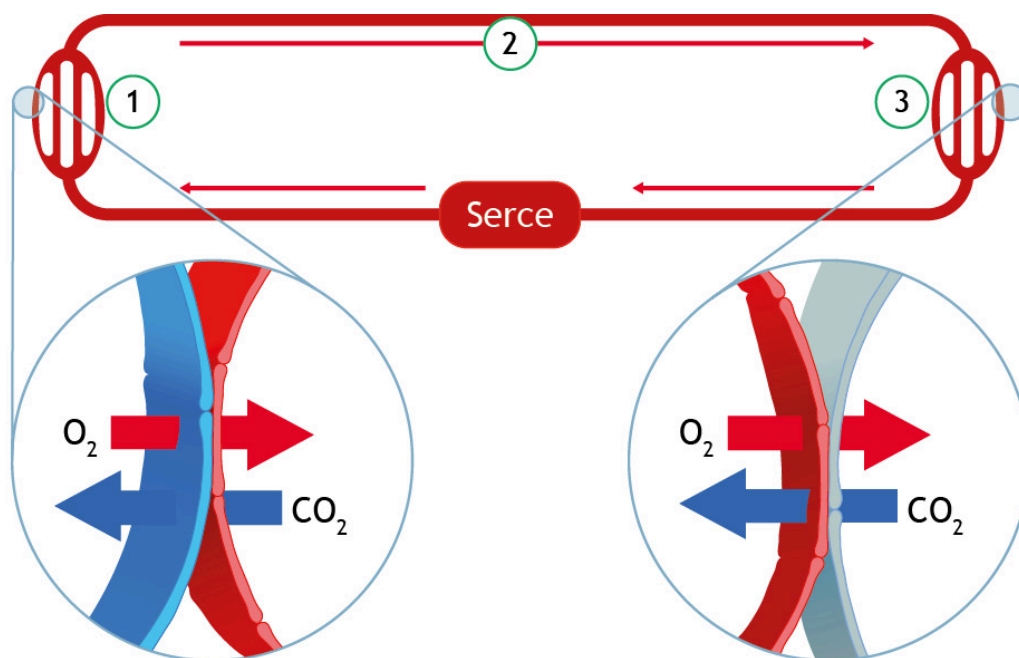
### 3. Daleki transport substancji u zwierząt

#### 3.1. Wstęp

Zwierzęta potrzebują tlenu i różnych substancji odżywczych, które muszą być dostarczane z zewnątrz (ze środowiska). Jednocześnie usuwają inne substancje, na przykład dwutlenek węgla. Dyfuzja zapewnia przenikanie rozpuszczonych substancji chemicznych tylko na bardzo małe odległości (np. z komórki do komórki). Właśnie dlatego większość bezkręgowców i wszystkie kręgowce mają wyspecjalizowany **układ krwionośny** (układ krążenia) pobierający substancje chemiczne z jednych miejsc ciała i szybko dostarczający do innych. Układu krwionośnego nie mają jedynie najprostsze bezkręgowce: gąbki, parzydełkowce, płazińce oraz nicienie.

Zadaniem układu krwionośnego jest przenoszenie, czyli daleki transport tlenu, substancji odżywczych, hormonów oraz dwutlenku węgla i innych niezbędnych produktów przemiany materii. Najczęściej układ krwionośny ściśle współdziała z innymi układami narządów, między innymi z układem oddechowym i pokarmowym.

Układ krwionośny zwierząt składa się z **naczyń krwionośnych** oraz wypełniającej je **krwi**. U większości zwierząt centralnym narządem układu krwionośnego jest **serce**.



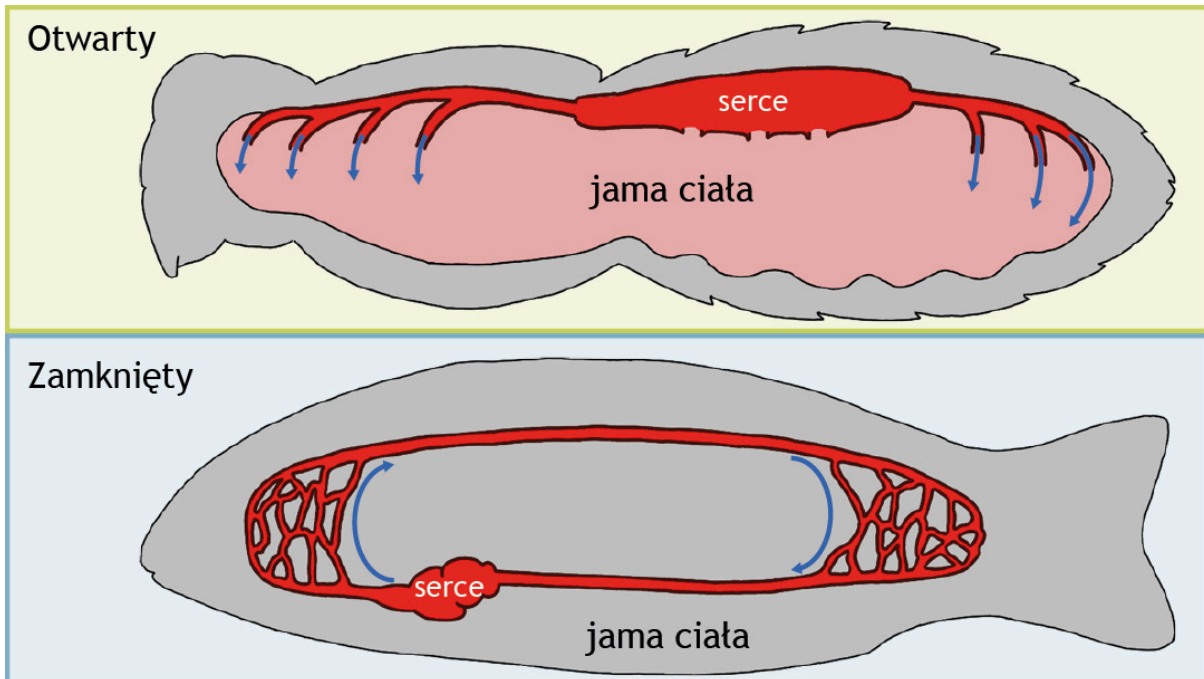
Znaczenie układu krwionośnego w transporcie

1. Bliski transport - dyfuzja tlenu, np. z pęcherzyka płucnego do krwi. Trwa ułamek sekundy, ale odległość wynosi tylko kilkadziesiąt  $\mu\text{m}$ .
2. Daleki transport tlenu z krwią - średnio tylko kilka sekund na pokonanie odległości, np. 1 m. Przepływ krwi zapewniają ciągłe skurcze serca. W wodzie dyfuzja na taką odległość zajęłaby wiele lat.
3. Bliski transport - dyfuzja tlenu, np. do komórek mięśniowych. Trwa ułamek sekundy, ale odległość wynosi tylko kilkadziesiąt  $\mu\text{m}$ .

Krew części bezkręgowców i wszystkich kręgowców zawiera **barwniki oddechowe**, które łatwo, ale nietrwale łączą się z tlenem. Dzięki temu krew bardzo wydajnie rozprowadza tlen po całym organizmie. Niebieski barwnik o nazwie **hemocyjanina** (zawierający miedź) znajduje się w osoczu krwi części skorupiaków oraz mięczaków. Krew owadów jest bezbarwna. Kręgowce mają **hemoglobinę** (zawierającą żelazo), która znajduje się w erytrocytach.

### 3.2. Rodzaje układu krążenia

Układ krwionośny może być otwarty lub zamknięty. W **układzie otwartym** krew wylewa się z naczyń krwionośnych do jamy ciała. Tam bezpośrednio obmywa narządy i komórki ciała, po czym wraca do serca. W **układzie krwionośnym zamkniętym** krew nie wylewa się z naczyń (wymiana substancji odbywa się w naczyniach włosowatych).

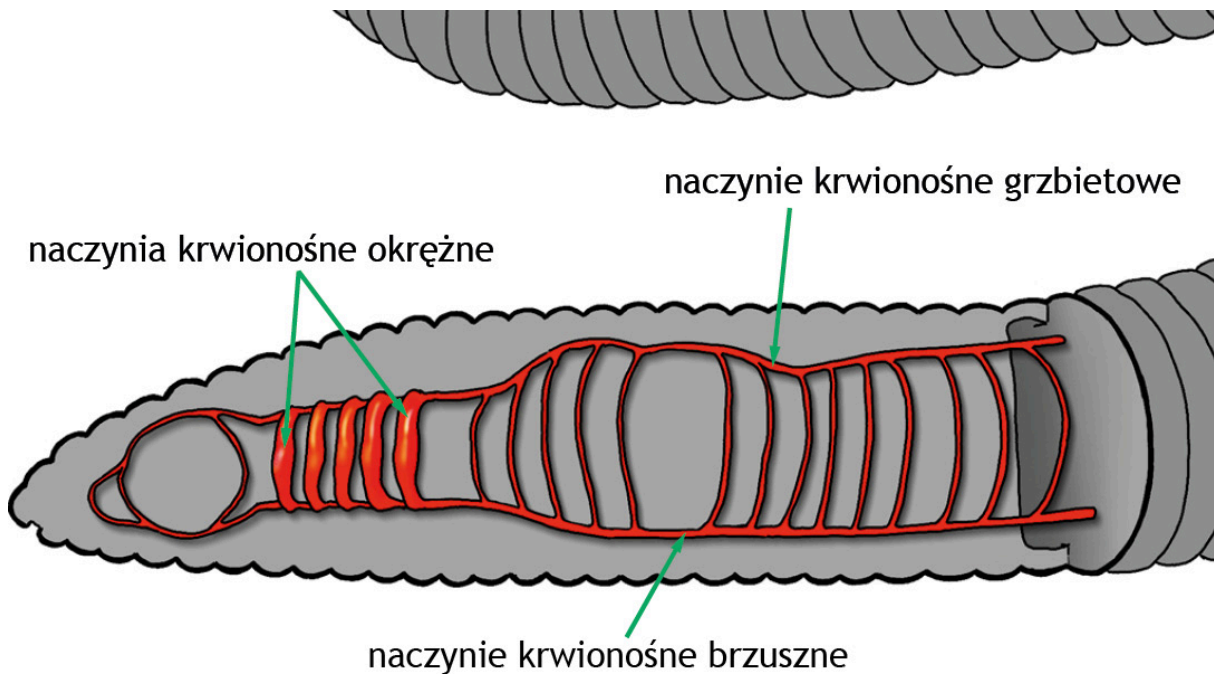


Istnieją dwa zasadnicze rodzaje układu krwionośnego

### 3.3. Układy krążenia bezkręgowców

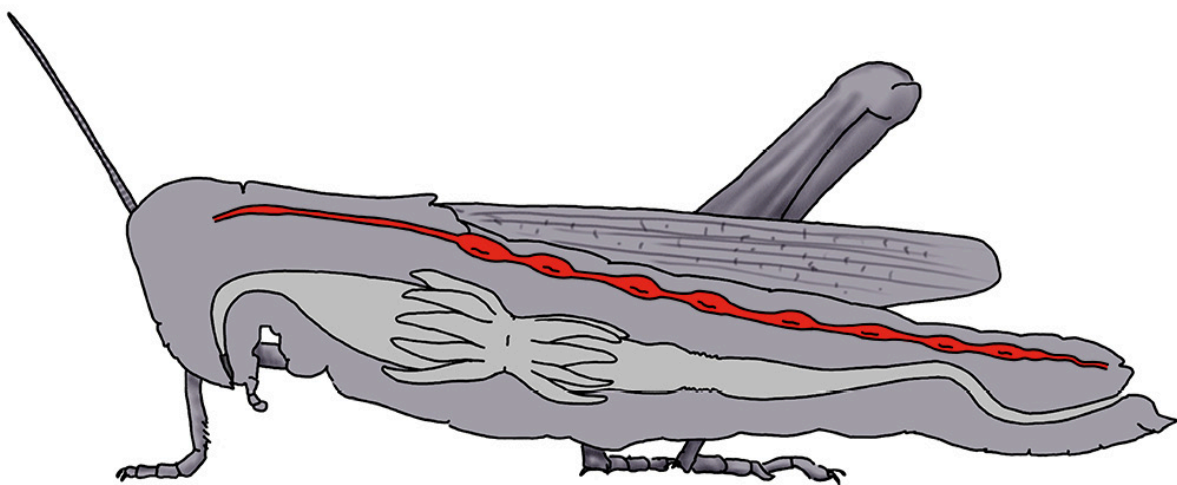
Pierścienice mają zamknięty układ krwionośny, ale nie ma w nim serca. Jego rolę pełni kurczliwe naczynie grzbietowe oraz naczynia okrężne (znajdujące się w przedniej części ciała). Osocze krwi, na przykład dżdżownicy, zawiera hemoglobinę.





#### Układ krwionośny dżdżownicy ma niewielką sprawność

Układ krwionośny stawonogów jest otwarty. **Rurkowate serce** tych zwierząt położone jest po grzbietowej stronie ciała. Rytmiczne skurcze serca tłoczą krew do tętnic. Z nich krew wylewa się do jamy ciała. Do serca krew wraca specjalnymi otworkami. Mięczaki mają otwarty układ krwionośny z dobrze rozwiniętym sercem.



Otwarty układ krwionośny pasikonika nie transportuje tlenu (owady nie mają barwników transportujących tlen)

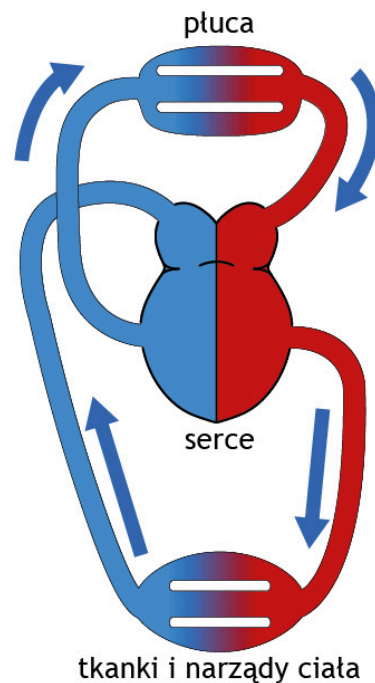
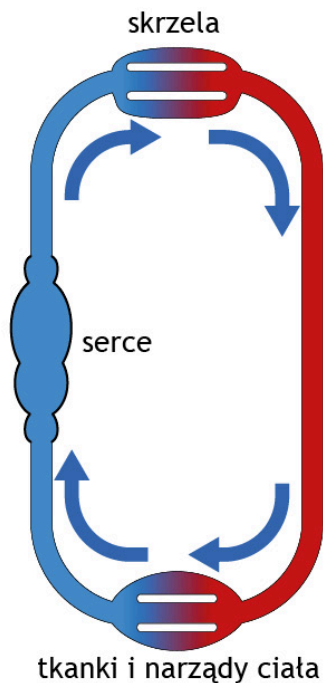
### 3.4. Układy krążenia kręgowców

Wszystkie kręgowce mają zamknięty układ krwionośny z pojedynczym sercem. Ogólny plan budowy tego układu jest taki sam, jednak widoczne są też duże różnice. Przede wszystkim ryby – skrzelodyszne kręgowce wodne – mają **jeden obieg krwi**, a ich serce tłoczy krew przez dwie sieci naczyń włosowatych: w skrzelach oraz w narządach ciała.

Kręgowce czworonożne mają **dwa obiegi krwi**. Mniejszy obieg nazwano **płucnym**, ponieważ tłoczy krew z serca do płuc. Duży obieg, zwany **ustrojowym**, transportuje krew z serca do wszystkich komórek ciała. Podział serca na część lewą i prawą umożliwia jednocześnie tłoczenie krwi w dwóch obiegach. Takie rozwiązanie powoduje wzrost szybkości krążenia krwi.

Szczególnie sprawny układ krwionośny mają ptaki i ssaki. **Czterojamowe serce** tych kręgowców jest relatywnie duże i może się kurczyć wyjątkowo szybko (u małych gatunków nawet kilkaset razy na minutę). Tak sprawny układ krwionośny zapewnia transport tlenu i dwutlenku węgla na poziomie niezbędnym do utrzymania wysokiego tempa metabolizmu i zachowania stałej temperatury ciała.

Czerwone krwinki ptaków zawierają jądro komórkowe, są małe i bardzo liczne. Małe komórki mają korzystny stosunek powierzchni do objętości, dzięki temu dyfuzja gazów oddechowych w erytrocytach zachodzi bardzo sprawnie. Erytrocyty ssaków są bezjądrzaste (nie mają jądra komórkowego).



Układ krwionośny ryby (pojedynczy obieg krwi) i ptaka (dwa obiegi krwi)

### 3.5. Podsumowanie

1. Transport wewnętrzny umożliwia przemieszczanie się różnych niezbędnych substancji (np. składników pokarmowych, tlenu), a także niepotrzebnych i szkodliwych produktów przemiany materii pomiędzy środowiskiem i tkankami oraz tkankami a środowiskiem.

2. U wszystkich zwierząt mechanizmy transportu związane są głównie z dyfuzją (gazy oddechowe) i osmozą (woda i jony).

3. W wypadku większości bezkręgowców i kręgowców transport substancji jest wspomagany przez krążenie płynów ustrojowych (krew, limfy, płynu międzykomórkowego). Umożliwia to transport substancji na większe odległości (transport daleki).

4. Główną rolę w transporcie odgrywa układ krwionośny. W rozwoju ewolucyjnym zwierząt układ krwionośny wykształcił się po raz pierwszy u pierścienic. Jest to prosty układ (bez serca), w którym krew krąży w systemie połączonych ze sobą naczyń (typu zamkniętego).

5. Układ krwionośny stawonogów i mięczaków jest otwarty. Serce położone po stronie grzbietowej ciała tłoczy krew naczyniami krwionośnymi do jam ciała, a stamtąd przez specjalne otwory krew wraca do serca.



6. Wszystkie kręgowce mają układ krwionośny zamknięty. Tworzą go: serce – narząd tłoczący krew oraz sieć naczyń krwionośnych.

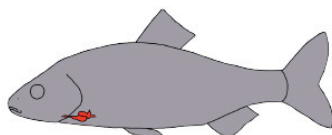
7. Układ krwionośny kręgowców ulega licznym modyfikacjom. Proste serce ryb (przedsionek i komora) tłoczy krew w jednym obiegu.

8. U kręgowców lądowych (czworonożnych) układ krwionośny tworzą dwa obiegi: mały (płucny) i duży (ustrojowy). Obieg mały, dzięki wymianie gazowej w płucach, umożliwia wydalenie poza organizm dwutlenku węgla oraz pobranie i transport tlenu. Obieg duży transportuje krew bogatą w tlen i składniki pokarmowe do tkanek. Z tkanek odtlenowana krew przenosi dwutlenek węgla do płuc, natomiast szkodliwe produkty przemiany materii (np. mocznik) do nerek.

9. Sprawny transport substancji umożliwia odpowiednia budowa serca. Serce płazów i gadów jest trzydziiałowe (poza krokodylami), a ptaków i ssaków – czterodziałowe. Serce czterodziałowe zapewnia całkowite oddzielenie przepływu krwi odtlenowanej od krwi natlenowanej.

#### Układ krwionośny kręgowców

- transportuje
  - tlen z narządów wymiany gazowej do komórek ciała
  - dwutlenek węgla z komórek ciała do narządów wymiany gazowej
  - zbędne i szkodliwe produkty przemiany materii do nerek
  - hormony do komórek docelowych
- bierze udział w utrzymaniu równowagi wodno-mineralnej
- odpowiada za odporność ustrojową (obrona organizmu przed czynnikami chorobotwórczymi)
- rozprowadza ciepło



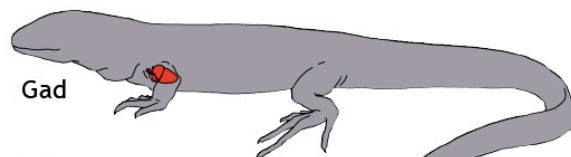
ryba



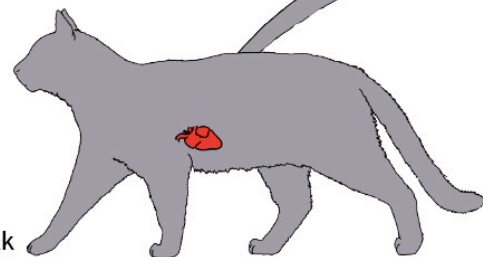
Płaz



Ptak



Gad



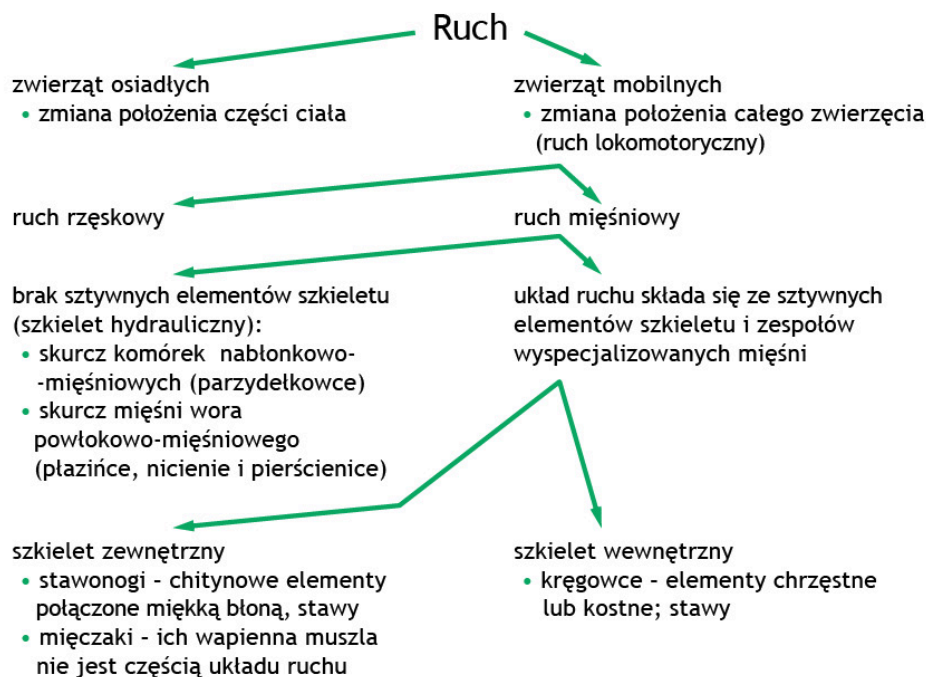
Ssak

## 4. Ruch w świecie zwierząt

### 4.1. Wstęp

Większość zwierząt to organizmy mobilne – zdolne do przemieszczania się z jednego miejsca w inne. Dzięki temu mogą szukać pożywienia, znaleźć partnera do rozrodu, uciec przed wrogiem czy też zmienić siedlisko. **Ruch** (lokomocja) odbywa się w formie pływania, pełzania, skakania, chodzenia, biegania i latania (ruchy lokomotoryczne).

Za ruch zwierząt odpowiadają **mięśnie** (ruch mięśniowy). Szybkie, precyzyjne ruchy wymagają koordynacji działania mięśni. Zapewnia to układ nerwowy. Niewielką część zwierząt cechuje osiadły tryb życia. U tych organizmów ruch wykonują tylko części ciała, na przykład czułki osiadłych wieloszczetów czy koralowców.



#### Zwierzęta rozwinęły bardzo różne strategie poruszania się

Największą sprawność ruchową osiągnęły zwierzęta mające układ ruchu, na który składają się zespoły wyspecjalizowanych mięśni przyczepionych do sztywnych elementów szkieletowych.

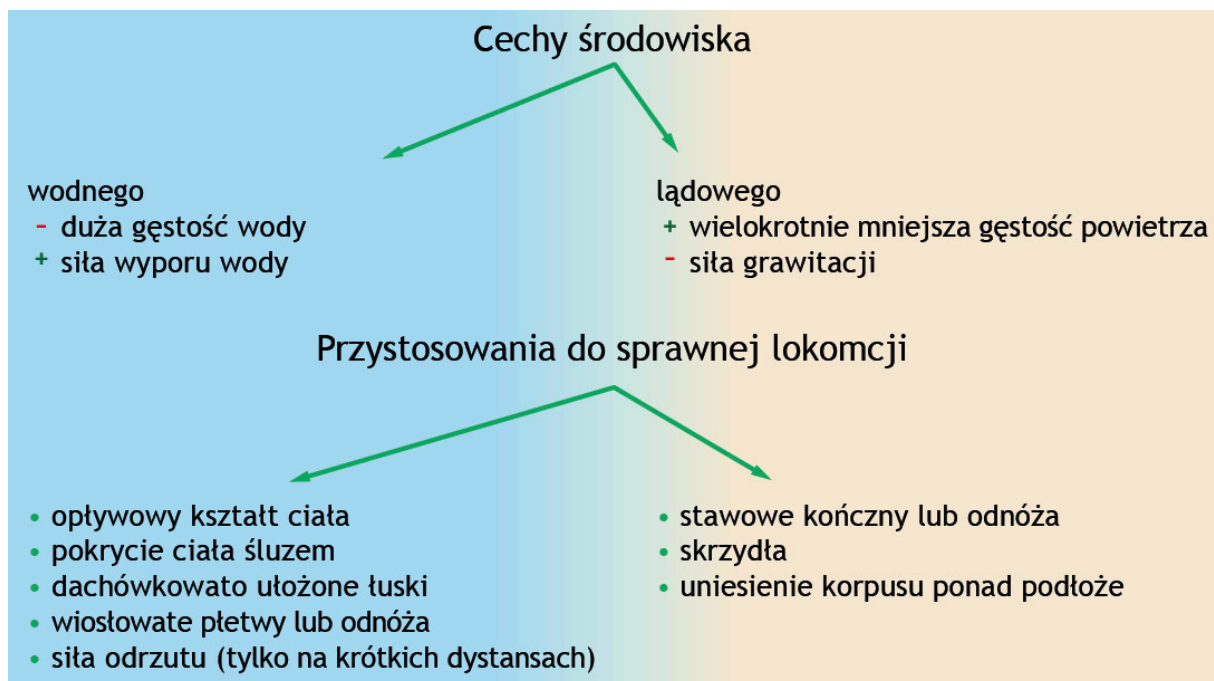
**Szkielet** spełnia kilka ważnych zadań: stanowi zespół dźwigni poruszanych mięśniami, usztywnia ciało i nadaje mu kształt, a także chroni miękkie i delikatne narządy wewnętrzne przed uszkodzeniami. Zewnętrzny

szkielet stawonogów lądowych dodatkowo chroni je przed utratą wody (wysychaniem powierzchni ciała).

## 4.2. Strategie poruszania się i środowisko życia

Strategia ruchu zależy głównie od środowiska, w którym żyje zwierzę. Środowisko wodne cechuje się dość znaczną gęstością, co powoduje duży opór podczas pływania. To dlatego zwierzęta, które są sprawnymi pływakami, mają opływowy kształt ciała i inne przystosowania zmniejszające nakłady energii niezbędnej do poruszania się. Siła wyporu wody powoduje zaś, że zarówno swobodne unoszenie się w toni wodnej, jak i kroczenie po dnie nie stanowią problemu. Powietrze atmosferyczne nie stawia takiego oporu jak woda. Na lądzie problemem jest siła grawitacji. Poruszanie się wymaga uniesienia ciała ponad powierzchnię gruntu, aby zniwelować siły tarcia. Zwierzęta lądowe, które się szybko i sprawnie poruszają, zawsze mają silne stawowe kończyny lub wykształciły skrzydła.

**Uwaga:** pomijamy tu np. węże, ponieważ nie potrafią się szybko przemieszczać na większe odległości.



Poruszanie się w wodzie i na lądzie

## 4.3. Układ ruchu bezkręgowców

Stułbiopławy i krążkopławy nie mają mięśni ani szkieletu, ale

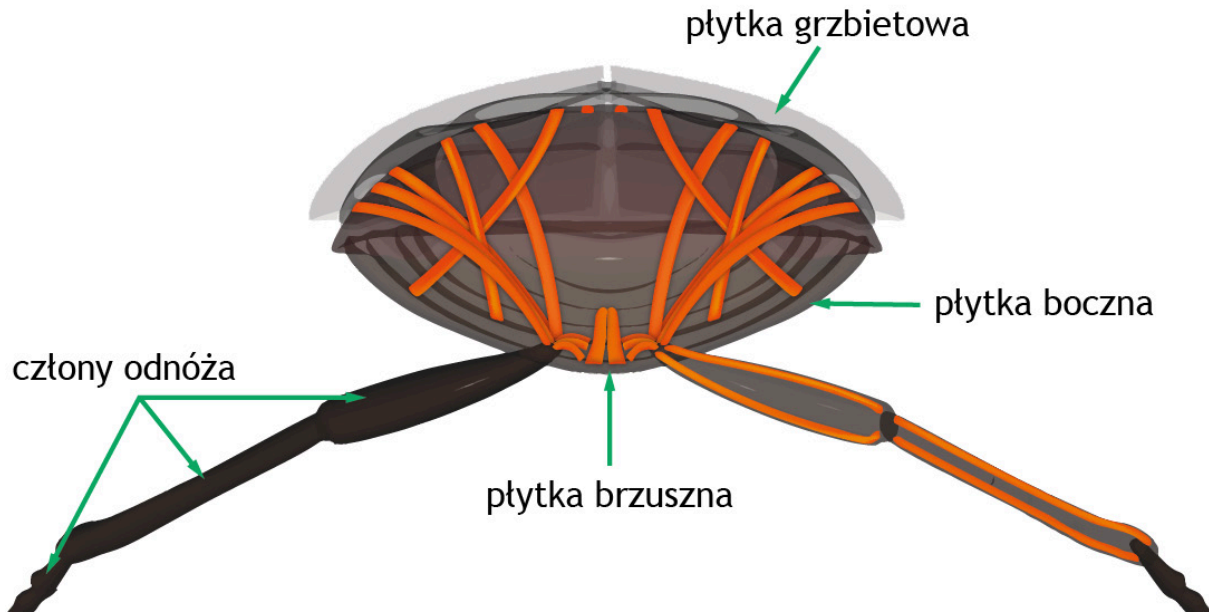
przemieszczają się dość sprawnie dzięki skurczom komórek nabłonkowo-mięśniowych. Układ ruchu płazińców, nicieni i pierścienic jest tworzony przez warstwy **mięśni wra powłokowo-mięśniowego** oraz płyn wypełniający wnętrze jamy ciała (nie ma sztywnych elementów szkieletowych). Zwierzęta te poruszają się, ponieważ skoordynowane fale skurczów jednych mięśni przelewają nieściśliwy płyn do miejsc, gdzie napięcie innych mięśni jest niższe i ciało się rozszerza. Takie rozwiązanie nazwano **szkieletem hydraulicznym**. Wolno żyjące wieloszczety do lokomocji wykorzystują pranóza.



Na lądzie pijawki zaledwie „śmiesznie kroczą” (A), za to w wodzie są dość sprawnymi pływakami (B)

Stawonogi mają sztywny **szkielet zewnętrzny** (to chitynowy oskórek, u skorupiaków dodatkowo wysycony solami wapnia). Głowę, tułów i odwłok okrywają chitynowe płytki połączone elastycznymi błonami. Człony odnóży połączone są **stawowo**, co umożliwia ich zginanie. Owady mają także skrzydła. Napęd zapewniają wyspecjalizowane mięśnie przyczepione do elementów szkieletu.





Szkielet zewnętrzny stawonogów okrywa całe ciało. Mięśnie szkieletowe stawonogów osiągają bardzo dużą sprawność

**Muszla** mięczaków zasadniczo nie pełni funkcji związanych z ruchem (choć jest rodzajem szkieletu zewnętrznego!). Ślimakom oraz małżom poruszanie się zapewnia umięśniona noga. Głównonogi wykorzystują ruchy ramion oraz siłę odrzutu wody.

#### 4.4. Układ ruchu kręgowców

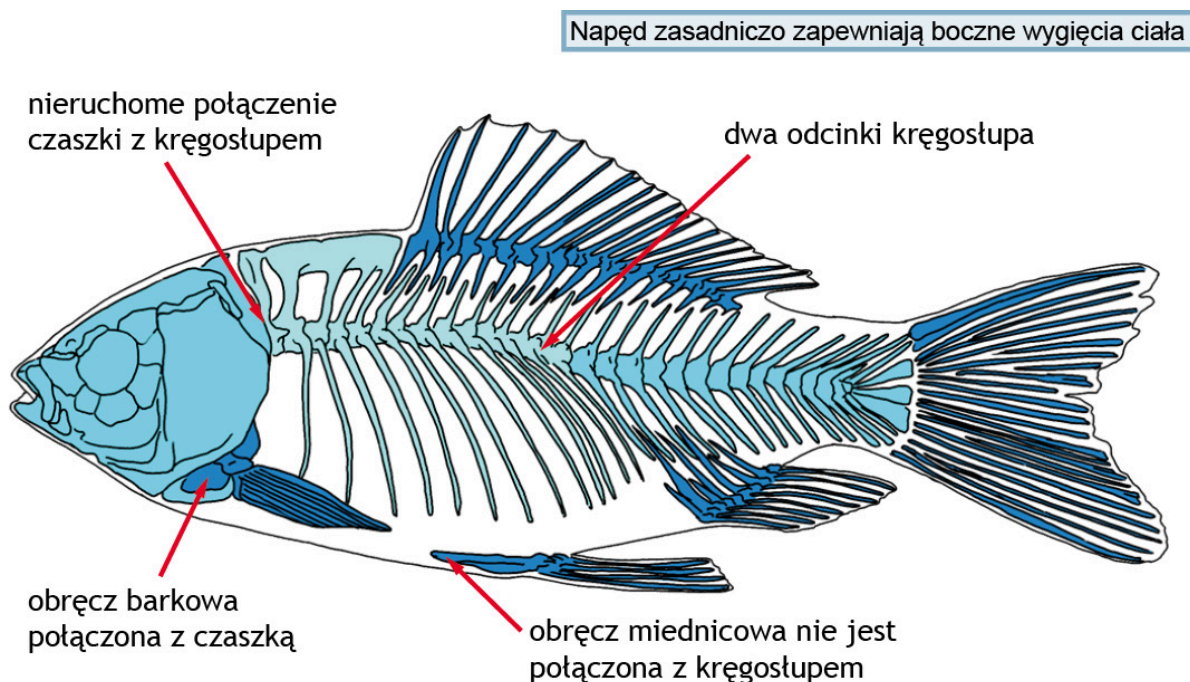
Wszystkie kręgowce mają sztywny **szkielet wewnętrzny** zbudowany z tkanki chrzęstnej lub – częściej – z kostnej. Taki szkielet rośnie wraz ze zwierzęciem i pozwala mu osiągać duże rozmiary. W skład szkieletu wszystkich kręgowców wchodzi: szkielet osiowy oraz szkielet kończyn. Elementy szkieletu osiowego: **czaszka** i **kręgosłup** chronią ośrodkowy układ nerwowy. Czaszka stanowi też osłonę ważnych narządów zmysłów oraz tworzy szczękę. Parzyste kończyny kręgowców czworonożnych mają ten sam zasadniczy plan budowy.

## Układ szkieletowy

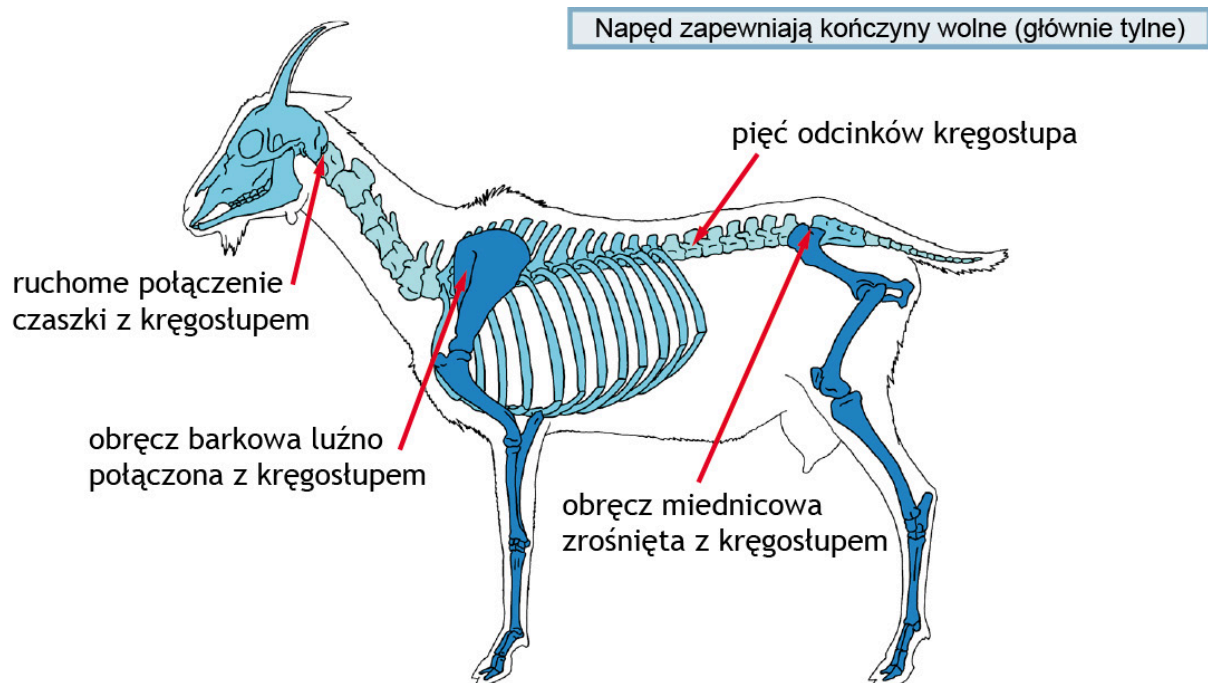
- szkielet osiowy
  - czaszka (ochrona mózgowia i pobieranie pokarmu)
  - kręgosłup (główna oś ciała, ochrona rdzenia kręgowego)
- szkielet kończyn
  - przednich (ruch, zwykle też unoszenie ponad podłoże)
  - tylnych (ruch, zwykle też unoszenie ponad podłoże)
  - obręcz barkowa (zaczep i oparcie kończyn przednich)
  - obręcz miednicowa (zaczep i oparcie kończyn tylnych)

Plan budowy układu szkieletowego kręgowców i funkcje jego elementów są podobne

Dużą sprawność ruchową kręgowce zawdzięczają wyspecjalizowanym mięśniom szkieletowym.



Układ szkieletowy kręgowca wodnego (ryby)



Układ szkieletowy kręgowca lądowego (ssaka)

## 4.5. Podsumowanie

1. Większość zwierząt wykonuje mniej lub bardziej złożone ruchy lokomotoryczne, czyli związane z przemieszczaniem się całego ciała. Ruch umożliwia zwierzętom między innymi zdobycie pokarmu, rozród czy ucieczkę przed wrogiem. Są także wyrazem przystosowania zwierząt do środowiska życia.

2. Niewielka część zwierząt prowadzi osiadły tryb życia (gąbki, koralowce). Zakres ruchów tych zwierząt jest ograniczony i związany najczęściej ze zmianą kształtu całego ciała lub przemieszczeniem niektórych jego części (np. ramiona parzydełkowców).

3. Inne bezkręgowce wykonują ruchy będące efektem kurczów mięśni współtworzących wór powłokowo-mięśniowy (płazińce, nicienie i pierścienice) albo wykorzystując siłę odrzutu wody (krążkopławcy i głowonogi). Rzęski pokrywające wór powłokowo-mięśniowy stanowią dodatkową siłę napędową wolno żyjących płazińców.

4. Najsprawniejszy układ ruchu mają stawonogi i kręgowce. Wynika to z podobnych (analogicznych) rozwiązań, polegających na zginaniu i prostowaniu stawowo połączonych elementów odnóży lub kończyn. Są one wprowadzane w ruch dzięki kurczącym się mięśniom przymocowanym do

sztynnego, chitynowego szkieletu zewnętrznego (u stawonogów) lub kości (u kręgowców).

5. Układ szkieletowy kręgowców charakteryzuje podobny plan budowy. Tworzą go szkielet osiowy (czaszka i kręgosłup), szkielet obręczy barkowej i miednicowej oraz parzystych kończyn.

6. U ryb do obręczy barkowej i miednicowej przyczepione są promienie płetw piersiowych i brzusznych, u kręgowców lądowych kości kończyn przednich i tylnych.

7. Rozwój muskulatury i liczne modyfikacje w budowie szkieletu (szczególnie szkieletu odnóży lub kończyn) umożliwiły stawonogom oraz kręgowcom opanowanie większości środowisk na naszej planecie.

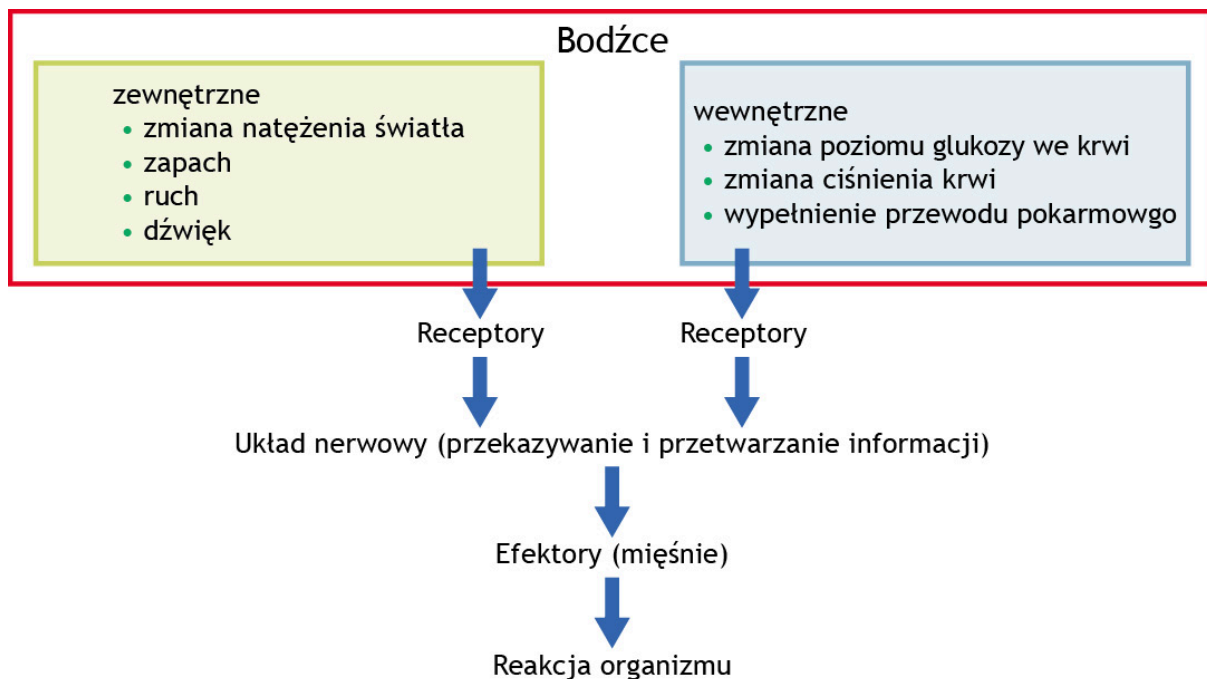
8. Skoordynowane działanie mięśni i harmonijne ruchy możliwe są dzięki współpracy z narządami zmysłów i układem nerwowym.



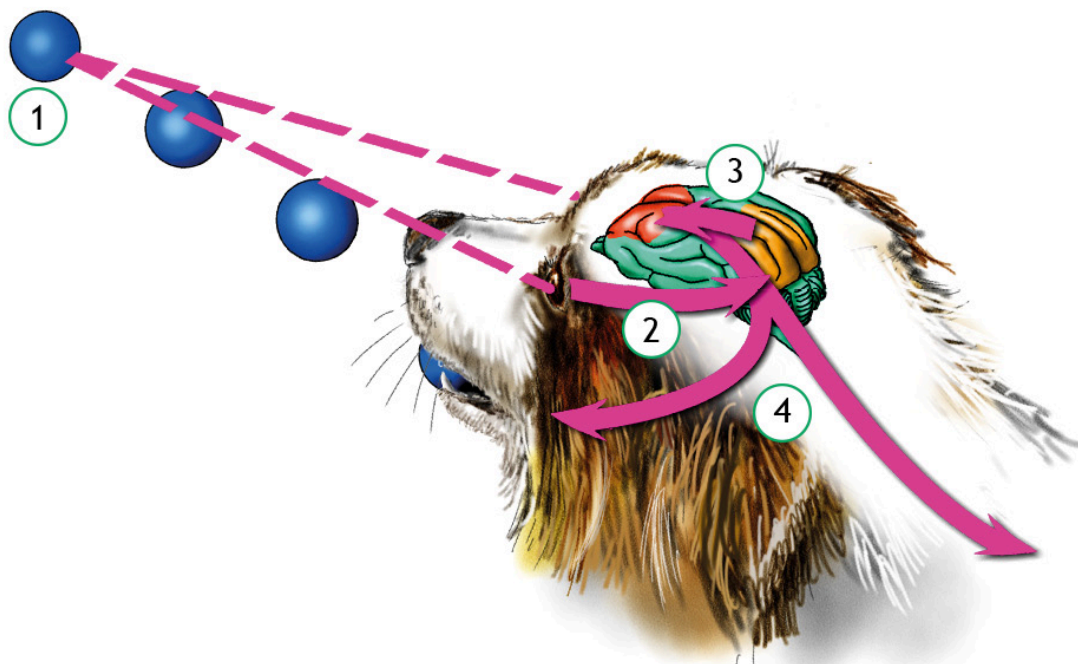
## 5. Reagowanie zwierząt na bodźce

### 5.1. Wstęp

Każde zwierzę musi szybko odbierać **bodźce** (informacje dochodzące ze środowiska) i na nie reagować. Bodźce mogą być zewnętrzne (z otoczenia) lub wewnętrzne (z własnego organizmu). Bodźcem zewnętrznym jest na przykład pojawienie się drapieżnika. Bodźcem wewnętrznym – spadek poziomu glukozy we krwi.



Za odbiór bodźców odpowiadają **receptory**. Informacja docierająca do zwierzęcia jest przetwarzana w układzie nerwowym. Dzięki temu zwierzę właściwie reaguje, czyli odpowiada na bodziec. Reakcje są możliwe dzięki efektorom. **Efektorami** są przede wszystkim mięśnie.

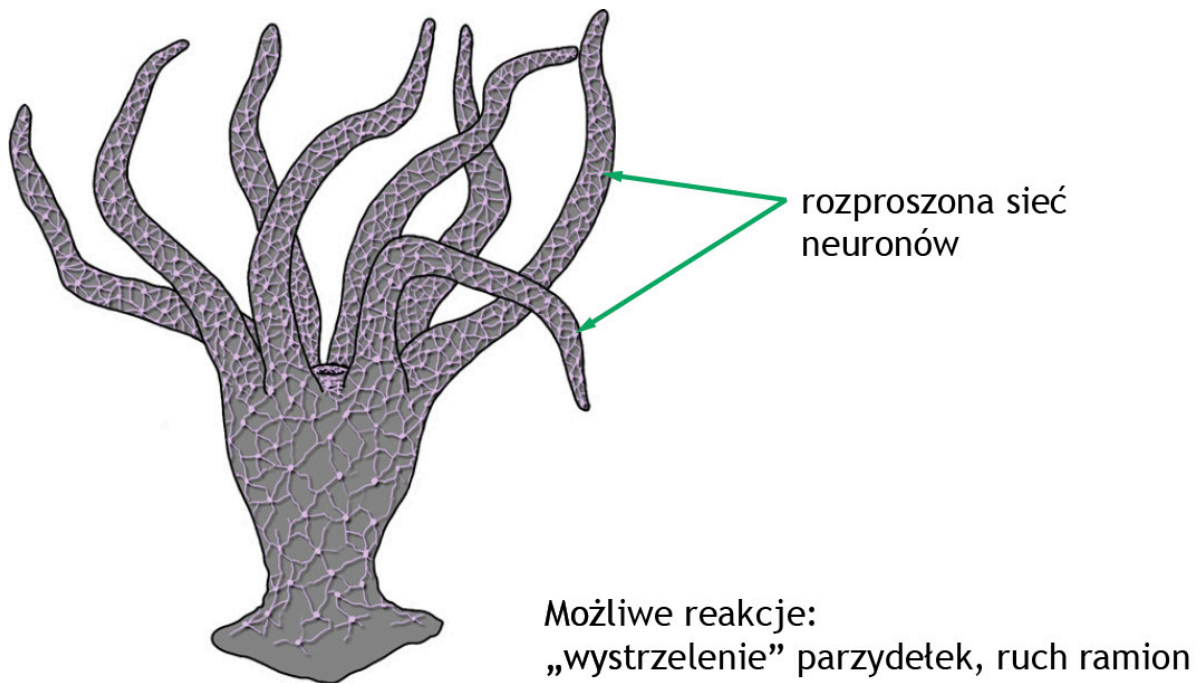


Schemat reakcji psa na bodziec (lecącą piłkę)

## 5.2. Układ nerwowy bezkręgowców

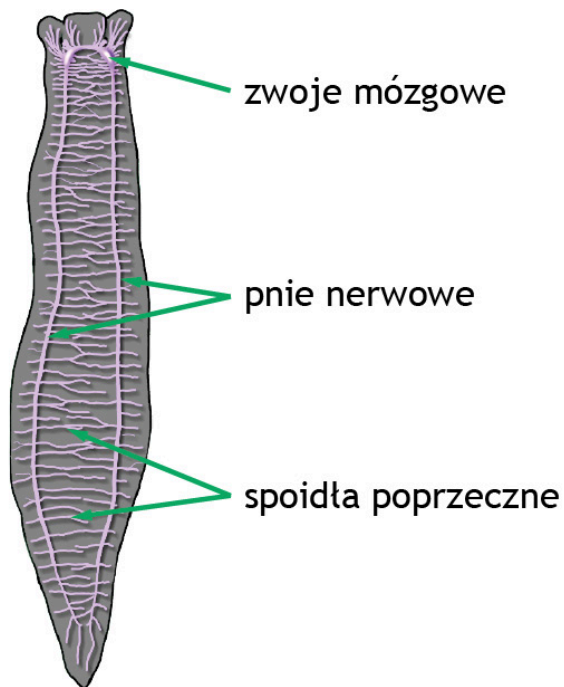
Spośród zwierząt jedynie gąbki nie mają układu nerwowego. Parzydełkowce mają **sieć neuronów**, która tworzy prosty układ nerwowy. Nie ma w nim wykształconego głównego ośrodka przetwarzającego informacje (mózgu). Nieco większe zagęszczenie neuronów występuje jedynie wokół otworu gębowego, dlatego układ nerwowy parzydełkowców nazywamy rozproszonym.

Meduzy na krawędzi dzwonu mają **ciałka brzeżne**. Są to proste receptory odpowiadające za czucie równowagi (statocysty) oraz odbiór zmian natężenia światła.



#### Układ nerwowy stułbi. Parzydełkowce nie mają centralnego układu nerwowego

Układ nerwowy płazińców i niciens ma bardziej złożoną budowę. Skupienia komórek nerwowych tworzą **zwoje nerwowe**, a skupienia wypustek nerwowych – **pnie nerwowe**. Największe zwoje znajdują się w przedniej części ciała i są głównym ośrodkiem nerwowym – nazywamy je **zwojami mózgowymi**. Od zwojów mózgowych odchodzą pnie nerwowe połączone spoidłami poprzecznymi. Wolno żyjące płazińce, na przykład wypławki, mają niewielkie skupienia komórek światłoczułych – **plamki oczne**. Dzięki temu mogą reagować na zmiany natężenia światła. Mają też receptory dotyku oraz czucia chemicznego. Ze względu na wygląd układ nerwowy płazińców nazwano pasmowym.



W zwojach nerwowych  
bodźce przetwarzane  
są w prosty sposób

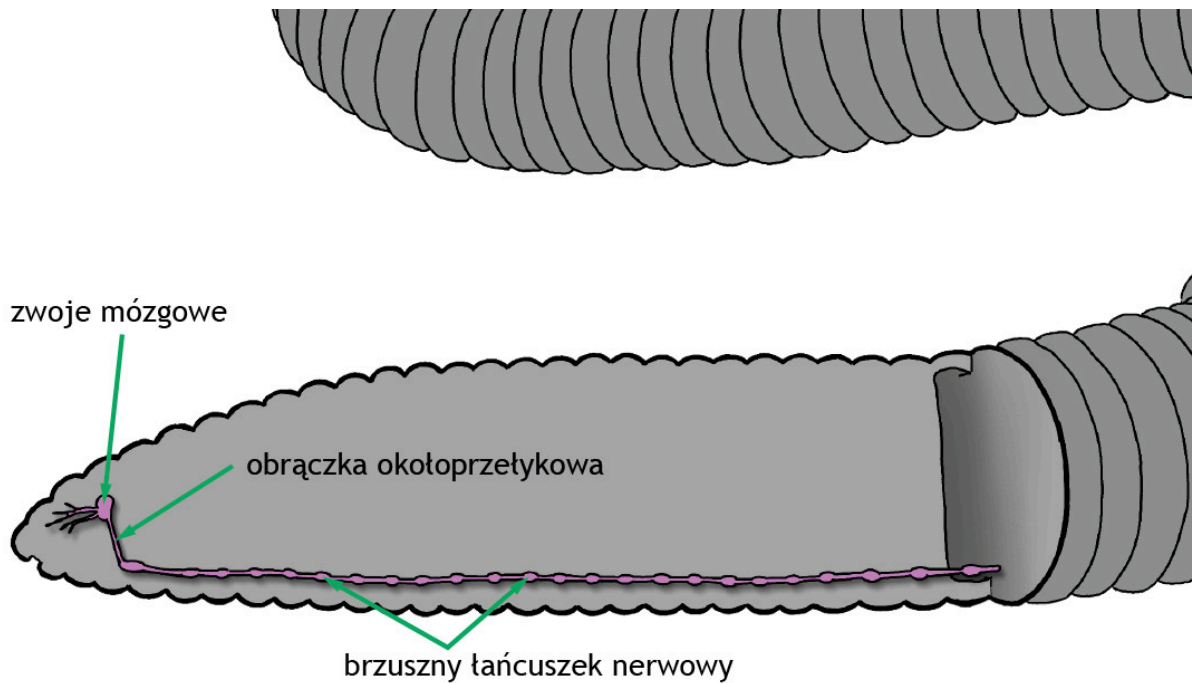
Pnie i spoidła są skupieniami  
wypustek nerwowych.  
Dzięki temu impulsy nerwowe  
wędrują szybciej

Płazińce mają układ nerwowy przypominający wyglądem taśmę ciągnącą się wzdłuż ciała

Ogólny plan budowy układu nerwowego pierścienic i stawonogów jest zbliżony. W wypadku większości tych zwierząt układ nerwowy tworzą: **mózg** oraz brzuszne **pnie nerwowe** połączone spoidłami poprzecznymi. Taki układ nerwowy nazwano **drabinkowym**.

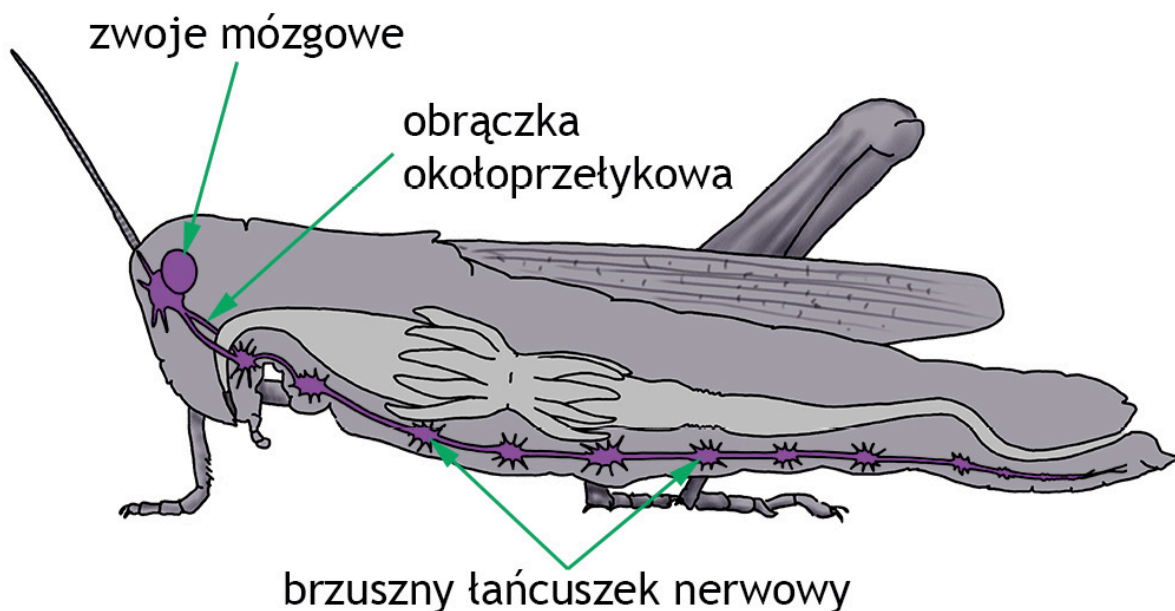
Mózg tworzą zlane ze sobą zwoje nadprzelykowe, które połączone są ze zwojami podprzelykowymi i tworzą obrączkę **okołoprzelykową**. Zarówno u pierścienic, jak i stawonogów skupienia neuronów występują także w kolejnych segmentach ciała, w których tworzą **zwoje segmentalne**. U większości gatunków pnie nerwowe i zwoje segmentalne tworzą charakterystyczny **brzuszny łańcuszek nerwowy**.





Pierścienice mają układ nerwowy z niewielkim, ale wyspecjalizowanym mózgiem

Pierścienice mają proste receptory. Jedynie drapieżne wieloszczety mają dość dobrze rozwinięte oczy oraz receptory dotyku i węchu. Skorupiaki i owady mają **oczy złożone** (tworzące obraz mozaikowy). Pajęczaki mają **oczy proste**. Wszystkie stawonogi mają bardzo czułe receptory węchu, dotyku i smaku (zwykle receptory te osadzone są na czułkach).



Stawonogi mają układ nerwowy dość podobny do pierścienic, ale ich mózg jest bardziej wyspecjalizowany

**Mózg** stawonogów jest **kilkuczęściowy** i bardziej wyspecjalizowany niż mózg pierścienic. Głównonogi są bardzo sprawnymi drapieżnikami. Spośród wszystkich bezkręgowców wyróżnia je największy mózg oraz duże możliwości uczenia się. Oczy głównonogów są duże i budową przypominają oczy kręgowców. W porównaniu z głównonogami układ nerwowy ślimaków, a zwłaszcza małży, ma budowę uproszczoną.

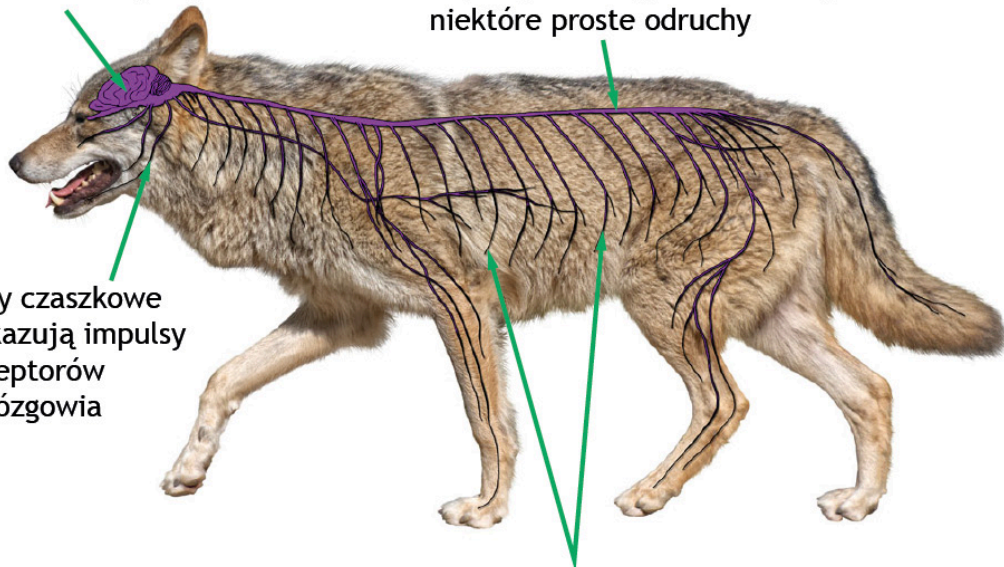
### 5.3. Układ nerwowy kręgowców

W porównaniu z bezkręgowcami układ nerwowy kręgowców jest większy i ma bardzo złożoną budowę. Składa się zawsze z ośrodkowego układu nerwowego oraz z obwodowego układu nerwowego. Ośrodkowy układ nerwowy tworzą: **mózgowie** oraz **rdzeń kręgowy**. Obwodowy układ nerwowy tworzą **nerwy** wychodzące z mózgowia i rdzenia kręgowego.

Mózgowie - ośrodek koordynujący wszystkie funkcje życiowe

Rdzeń kręgowy - swoista infostrada - przekazuje impulsy do mózgowia i z mózgowia oraz uruchamia niektóre proste odruchy

Nerwy czaszkowe przekazują impulsy z receptorów do mózgowia

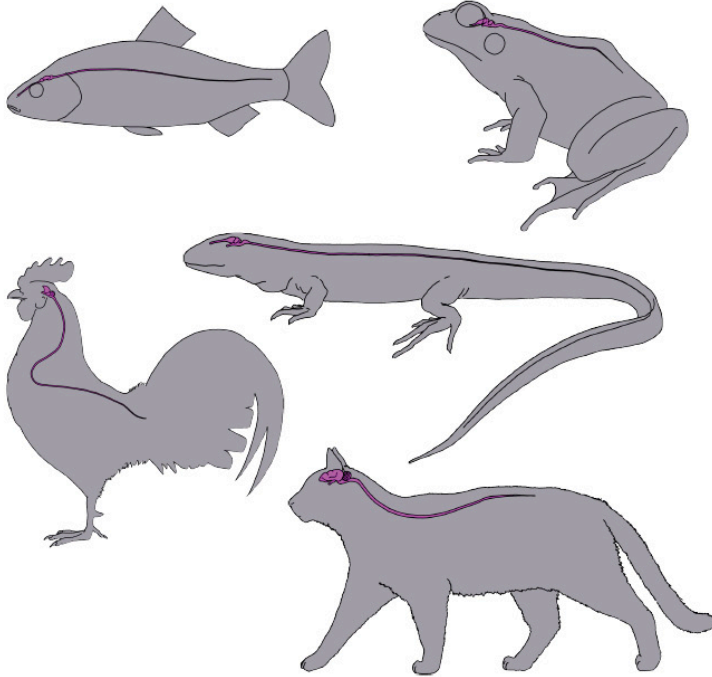


Nerwy rdzeniowe przekazują impulsy do kończyn i z kończyn

Układ nerwowy kręgowca:

- ośrodkowy (mózgowie i rdzeń kręgowy)
- obwodowy (nerwy czaszkowe i nerwy rdzeniowe)

Mózgowie wszystkich kręgowców jest pięcioczęściowe. Składa się z kresomózgowia, międzymózgowia, śródmózgowia, mózdzku oraz rdzenia przedłużonego.

| KRESOMÓZGOWIE                                                                                                                            |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Odpowiada za:<br>- odbiór i analizę wrażeń węchowych<br>- kontrolę pracy mięśni szkieletowych<br>- kojarzenie (ośrodki w korze mózgowej) |                                                                                     |
| MIĘDZYMÓZGOWIE                                                                                                                           |                                                                                     |
| Odpowiada za:<br>- uczucie głodu i sytości<br>- rytmy biologiczne<br>- regulację temperatury (u stałocieplnych)                          |                                                                                     |
| ŚRÓDMÓZGOWIE                                                                                                                             |                                                                                     |
| Odpowiada za:<br>- odbiór i analizę wrażeń wzrokowych<br>(także kontrolę źrenic i ruch gałek ocznych)                                    |                                                                                     |
| MÓZDŻEK                                                                                                                                  |                                                                                     |
| Odpowiada za:<br>- koordynację ruchową<br>- czucie równowagi                                                                             |                                                                                     |
| RDZEŃ PRZEDŁUŻONY                                                                                                                        |                                                                                     |
| Odpowiada za:<br>- podstawowe czynności życiowe<br>(m.in. ośrodki: oddechowy i kontrolujący pracę serca)                                 |                                                                                     |

Kręgowce różnią się rozwojem poszczególnych części mózgowia. Na ilustracji mózgowie ryb, płazów i gadów celowo powiększono w stosunku do mózgowia ptaków i ssaków

Kręgowce mają bardzo złożony układ nerwowy

Stopień rozwoju poszczególnych części mózgu jest różny. Najprostsze i relatywnie najmniejsze mózgowie mają ryby oraz płazy. U tych kręgowców wszystkie części mózgowia leżą w jednej linii. Mózgowie gadów jest większe i kresomózgowie częściowo zakrywa międzymózgowie. W stosunku do masy ciała mózgowie ptaków jest znacznie większe niż mózgowie gadów. Zwraca uwagę duże kresomózgowie i śródmózgowie. Najbardziej rozwinięte mózgowie mają ssaki. Jego największą, rozbudowaną częścią jest kresomózgowie. U większości ssaków półkule kresomózgowia są silnie pofałdowane (mają dużą powierzchnię i zbudowane są z bardzo licznych neuronów).

Kręgowce najczęściej mają bardzo dobrze wykształcone receptory węchu, wzroku i słuchu.

## 5.4. Podsumowanie

1. Bodźcem jest każda zmiana zachodząca w środowisku zewnętrznym lub wewnętrznym organizmu wywołująca jego reakcję.

2. Za odbiór bodźców odpowiadają narządy zmysłów z wyspecjalizowanymi receptorami. U zwierząt są to mechano-, foto-, chemo- i termoreceptory. Receptory umożliwiają odbiór różnego rodzaju bodźców oraz odpowiednie reakcje – odpowiedzi organizmu.

3. Odebrana przez receptory informacja przetwarzana jest i przekazywana do efektorów – głównie mięśni – przez układ nerwowy. Układ nerwowy występuje prawie u wszystkich zwierząt (poza gąbkami) i wobec pozostałych narządów odgrywa rolę nadrzędną, regulując i koordynując ich działanie.

4. Najprostszy system nerwowy mają jamochłony. Tworzy go sieć rozproszonych komórek nerwowych. U innych bezkręgowców skupienia komórek nerwowych tworzą zwoje nerwowe (np. mózgowie, segmentalne), a wypustki neuronów - pnie nerwowe.

5. Układ nerwowy pierścienic, stawonogów i mięczaków składa się z: mózgu (zlanych zwojów nadprzełykowych), zwojów podprzełykowych, obrączki okołoprzełykowej, pni nerwowych ze zwojami segmentalnymi oraz nerwów.

6. Układ nerwowy kręgowców jest większy i bardziej scentralizowany niż bezkręgowców. Współtworzą go: część ośrodkowa (mózgowie oraz rdzeń kręgowy) i obwodowa (nerwy czaszkowe i rdzeniowe).

7. Mózgowie kręgowców jest pięcioczęściowe. Największym przemianom w ewolucji kręgowców uległ pierwszy odcinek mózgowia (kresomózgowie). U gadów pojawiły się zaczątki kory mózgowej – warstwy istoty szarej pokrywającej półkule mózgowe.

8. W korze mózgowej zlokalizowane są nadrzędne ośrodki kojarzeniowe warunkujące tworzenie nowych zachowań opartych na doświadczeniach nabytych w ciągu życia i poszerzające możliwości związane z wyższymi czynnościami nerwowymi, między innymi z odruchami warunkowymi i uczeniem się.

9. Najlepiej rozwinięty układ nerwowy oraz narządy zmysłów mają ssaki, a wśród nich ssaki naczelne.

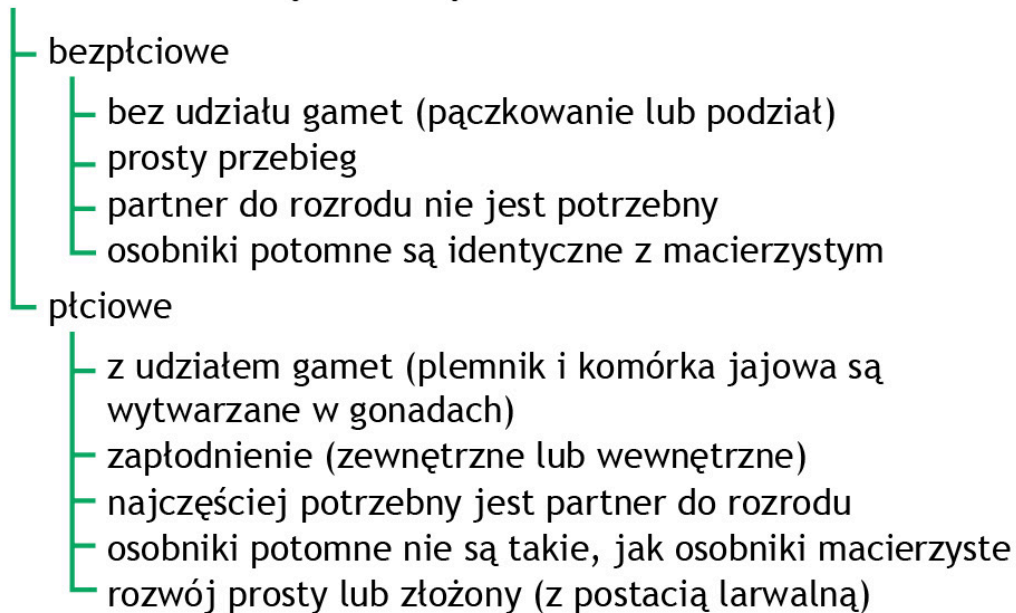


## 6. Rozmnażanie się zwierząt

### 6.1. Rozmnażanie bezpłciowe i płciowe

Zwierzęta rozmnażają się bezpłciowo lub płciowo. **Rozmnażanie bezpłciowe** przebiega bez udziału gamet. Osobniki potomne są identyczne z osobnikiem macierzystym. Podczas **rozmnażania płciowego** powstają gamety (męskie – plemniki oraz żeńskie – komórki jajowe). Gamety powstają w wyspecjalizowanych narządach – **gonadach**. Gonady męskie to jądra, żeńskie – jajniki. Połączenie plemnika z komórką jajową (zapłodnienie) prowadzi do powstania zygoty i dalej osobnika potomnego. Pod względem genetycznym osobnik potomny różni się od rodziców (choć jest do nich podobny). Rozwój zwierząt może być prosty lub złożony.

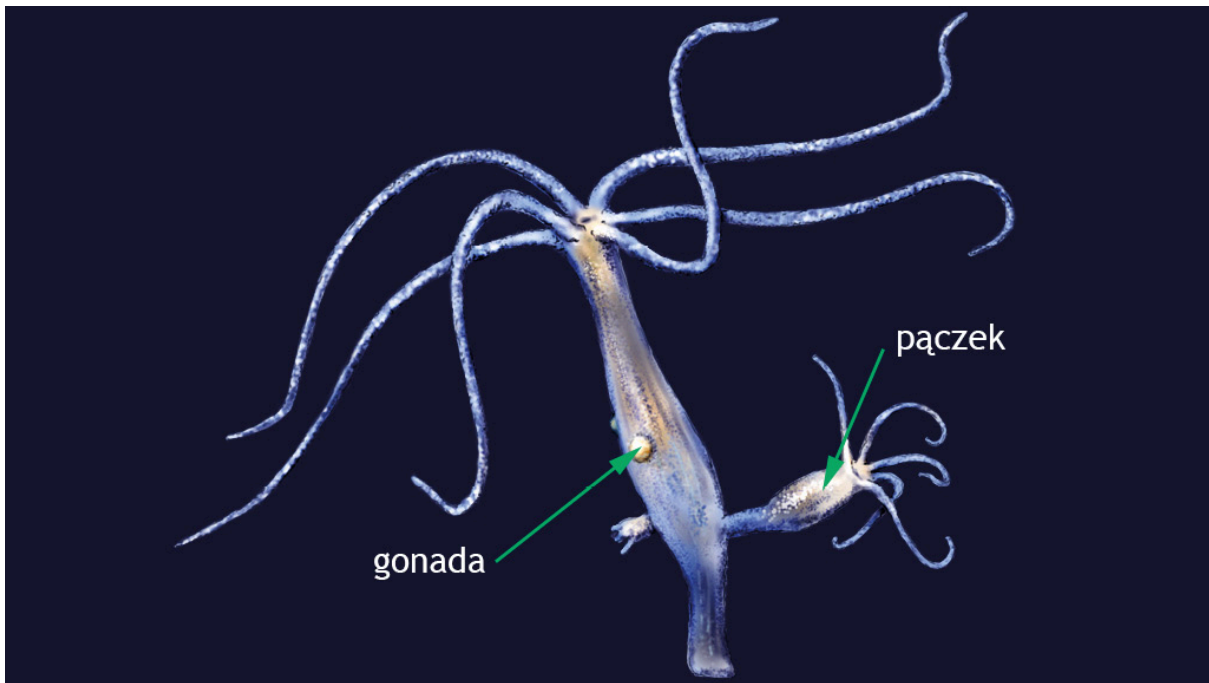
#### Rozmnażanie się zwierząt



U zwierząt rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przez pączkowanie lub podział organizmu macierzystego. Rozmnażanie bezpłciowe w świecie zwierząt jest zjawiskiem dość rzadkim. Przez pączkowanie może się rozmnażać na przykład stułbia, ukwiały i gąbki.

Niektóre zwierzęta o nieskomplikowanej budowie mają bardzo duże zdolności do **regeneracji** (odtworzenia utraconych części ciała). Przykładem mogą być stułbiopławy, rozgwiazdy (należą do szkarłupni)

oraz część płazińców. Mogą one z fragmentów ciała odtwarzać cały organizm. W pewnym sensie jest to rozmnażanie przez podział.



Stułbia rozmnaża się bezpłciowo i płciowo

### Ciekawe!

Niektóre zwierzęta rozmnażają się **partenogenetycznie**. Partenogenez jest rodzajem rozrodu, z tym że zarodek rozwija się z niezapłodnionej komórki jajowej (stąd inna nazwa - dzieworództwo). Partenogenetycznie rozmnażają się np. mszyce.



Partenogenetycznie powstają też trutnie (samce) pszczoły miodnej.

Wszystkie zwierzęta rozmnażają się **plciowo**. Dla większości problemem jest konieczność znalezienia partnera do rozrodu.

Większość zwierząt jest rozdzielнопłciowa, ale istnieją też gatunki obupłciowe (**obojnaki**). U gatunków rozdzielнопłciowych występują dwa rodzaje osobników: męskie (samce) oraz żeńskie (samice). Często samiec różni się od samicy także wyglądem. Jak wiesz, zjawisko to nazwano **dymorfizmem płciowym**. Przykładów dymorfizmu jest wiele, zarówno wśród owadów, jak i ryb, płazów, ptaków czy ssaków.



U kardynałów szlachetnych (*Cardinalis cardinalis*) wyraźnie zaznacza się dymorfizm płciowy (samiec różni się od samicy jaskrawym ubarwieniem i budową ciała)

Obojnaki mają zarówno gonady męskie, jak żeńskie. Zwykle u takich zwierząt zachodzi **zapłodnienie krzyżowe**, to znaczy podczas kojarzenia każdy z osobników funkcjonalnie jest jednocześnie samcem i samicą. Niektóre obojnaki, na przykład tasiemce, mogą rozmnażać się przez **samozapłodnienie** (ma to związek z bardzo małym prawdopodobieństwem spotkania partnera płciowego przez pasożyty wewnętrzne). Obojnakami jest większość płazińców, a także liczne skąposzczety, ślimaki i małże.





### Zapłodnienie krzyżowe u ślimaka winniczka

Inna nazwa obojnactwa to **hermafrodytyzm**, od połączenia imion mitologicznych greckich bogów: Hermesa i Afrodyty.

Zapłodnienie (połączenie plemnika z komórką jajową) może być zewnętrzne lub wewnętrzne. **Zapłodnienie zewnętrzne** jest charakterystyczne dla zwierząt pierwotnie wodnych. Liczne plemniki i komórki jajowe uwalniane są do środowiska i tam następuje zapłodnienie. Rozwój zarodków i form młodocianych odbywa się w środowisku wodnym. Tworzy ono doskonałe warunki do życia, dlatego ani jaja, ani zarodki nie mają osłon chroniących przed wysychaniem.

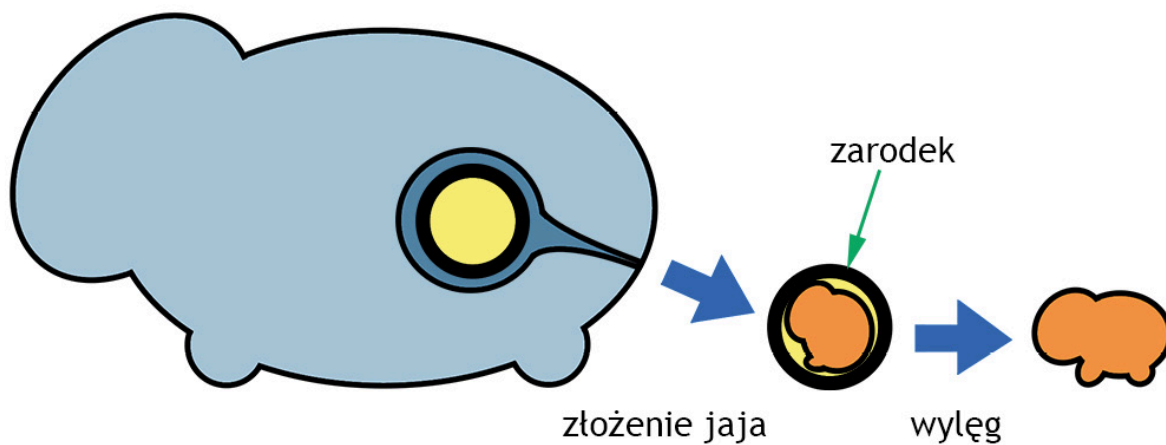
**Zapłodnienie wewnętrzne** jest charakterystyczne dla zwierząt lądowych i nielicznych zwierząt wodnych. Następuje w drogach rodnych samicy i poprzedzone jest wprowadzeniem plemników (zaplemnieniem). Rozwój zarodkowy odbywa się poza organizmem samicy albo w jej drogach rodnych.



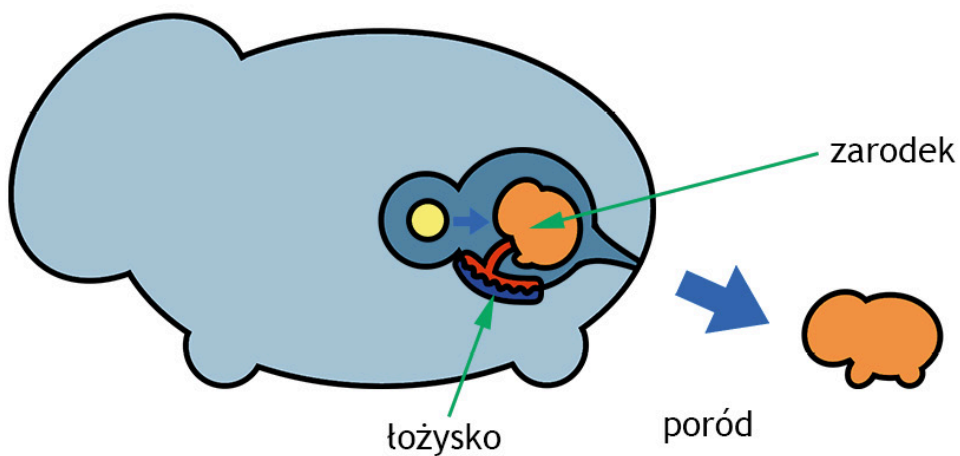
## 6.2. Rozwój zarodkowy

Jeśli zarodek rozwija się w obrębie osłon zniesionego (złożonego) jaja i z niego się wykluwa, mówimy o **jajorodności**. Jeżeli natomiast zarodek rozwija się w obrębie osłon jajowych, ale w organizmie matki, mówimy o **jajożyworodności**. **Żyworodność** polega na tym, że zarodek (embrion) rozwija się w drogach rodnych samicy i jest z nią ściśle połączony (na przykład u większości ssaków zarodek rozwija się w silnie ukrwionej **macicy**, a wymiana substancji odbywa się poprzez **łożysko**).

U zwierząt jajorodnych mamy do czynienia z **wylęgiem** (młodociana postać zwierzęcia opuszcza osłony jajowe), u pozostałych - z **porodem** (opuszczeniem ciała samicy).



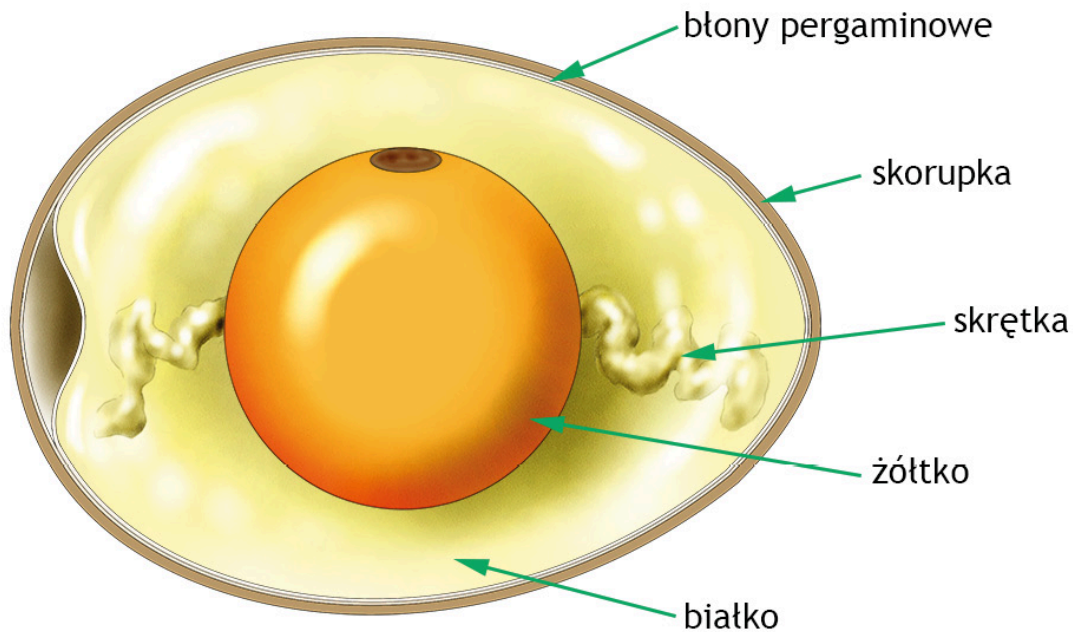
### Jajorodność



### Żyworodność

Prawie wszystkie bezkręgowce, ryby, płazy, gady, a także ptaki oraz stekowce są jajorodne. Jajożyworodne są niektóre pajęczaki, mięczaki, ryby i gady. Żyworodne są ssaki (torbacze i łożyskowce).

Jaja ptaków są duże i mają rozbudowane osłony. Wapienna skorupka to osłona zewnętrzna (umożliwia wymianę gazową). Błony pergaminowe chronią zarodek, tworzą komorę powietrzną. Żółtko jest źródłem substancji pokarmowych dla zarodka (zawiera tłuszcze i białka). Tzw. białko jest źródłem wody i substancji budulcowych dla zarodka. Z kolei białkowe skrętki utrzymują żółtko w stałym ułożeniu.

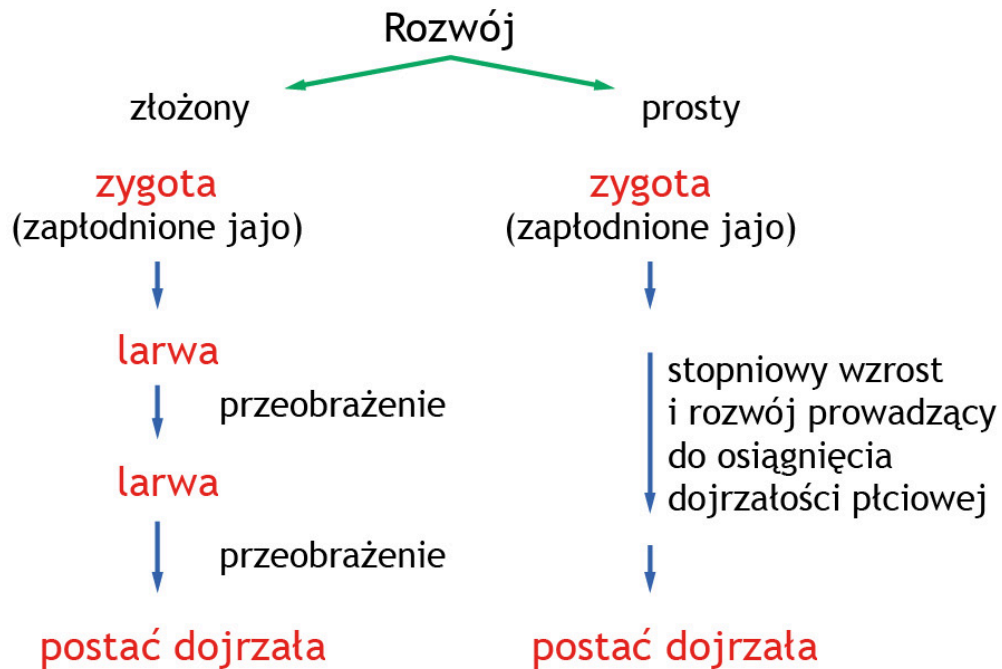


Budowa jaja ptaka

### 6.3. Rozwój złożony i prosty

**Rozwój złożony** to taki, w którym występuje **postać larwalna**. Larwa ulega przeobrażeniu (metamorfozie), czyli istotnej zmianie budowy zewnętrznej i wewnętrznej (u licznych gatunków w rozwoju jednego osobnika może być kilka przeobrażeń). Taki rozwój przechodzą między innymi parzydełkowce, płazińce, pierścienice, owady, mięczaki i płazy. W **rozwoju prostym** nie ma larw, a stadium młodociane jest miniaturą osobnika dorosłego (niezdolną do rozrodu płciowego). Rozwój młodego osobnika przebiega stopniowo, bez przeobrażenia.





Rozwój prosty cechuje na przykład pajęczaki, ślimaki lądowe, głowonogi oraz wszystkie owodniowce (gady, ptaki i ssaki).

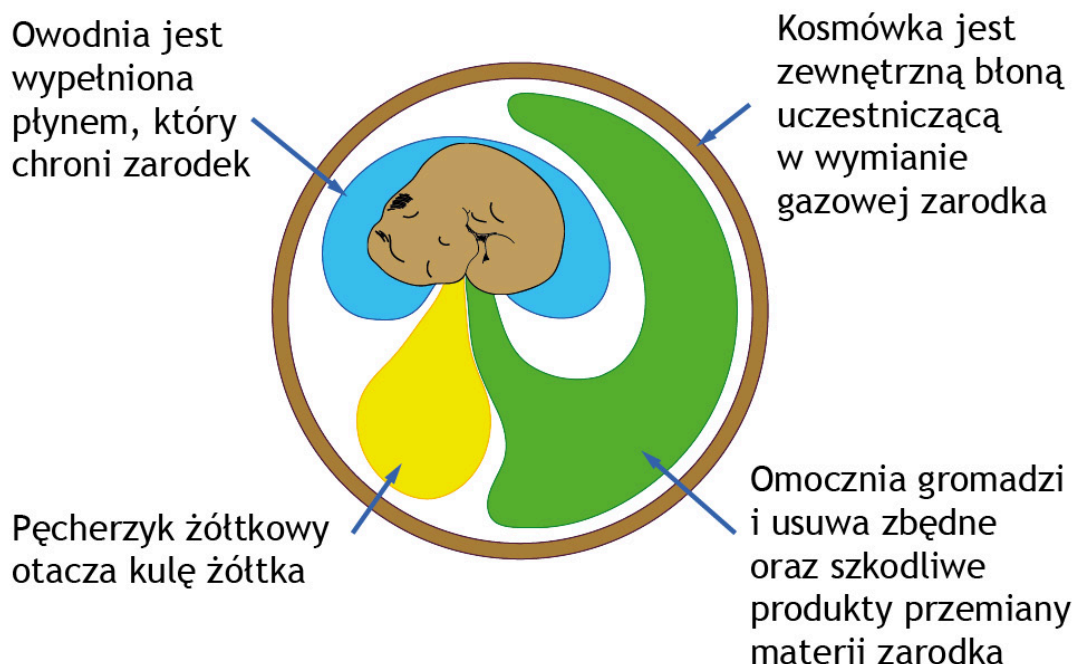
**Uwaga:** ryby i płazy są bezowodniowcami.



Krokodyle wykluwające się z jaja są miniaturami osobników dorosłych

Zarodki owodniowców rozwijają się w osłonach **blon płodowych**:

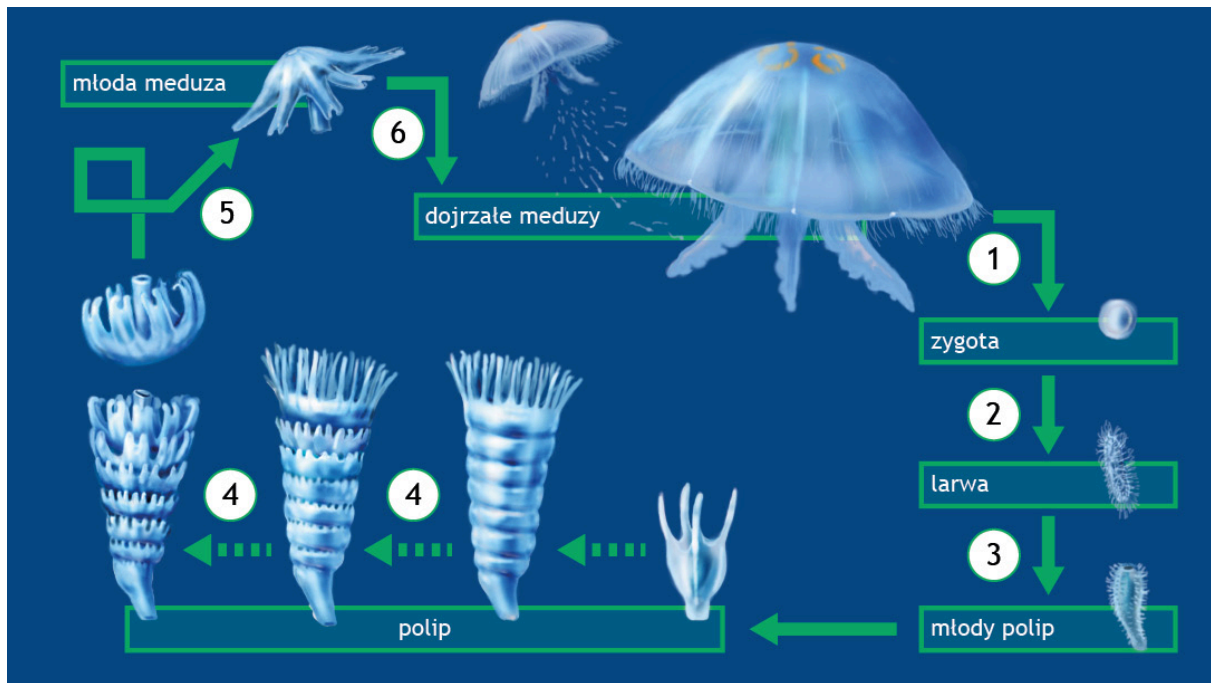
owodni, omocni i kosmówki. **Owodnia** jest wypełniona płynem owodniowym, który stanowi środowisko rozwoju dla delikatnych tkanek zarodka – „wodny mikroświat”. Zadaniem **omocni** jest gromadzenie zbędnych i szkodliwych produktów metabolizmu zarodka. **Kosmówka** jest błoną zewnętrzną, która zapewnia wymianę gazową ze środowiskiem zewnętrznym. U ssaków łożyskowych omocnia tworzy naczynia krwionośne **pępowiny**, kosmówka natomiast bierze udział w tworzeniu łożyska.



Błony płodowe

## 6.4. Cykle rozwojowe bezkręgowców

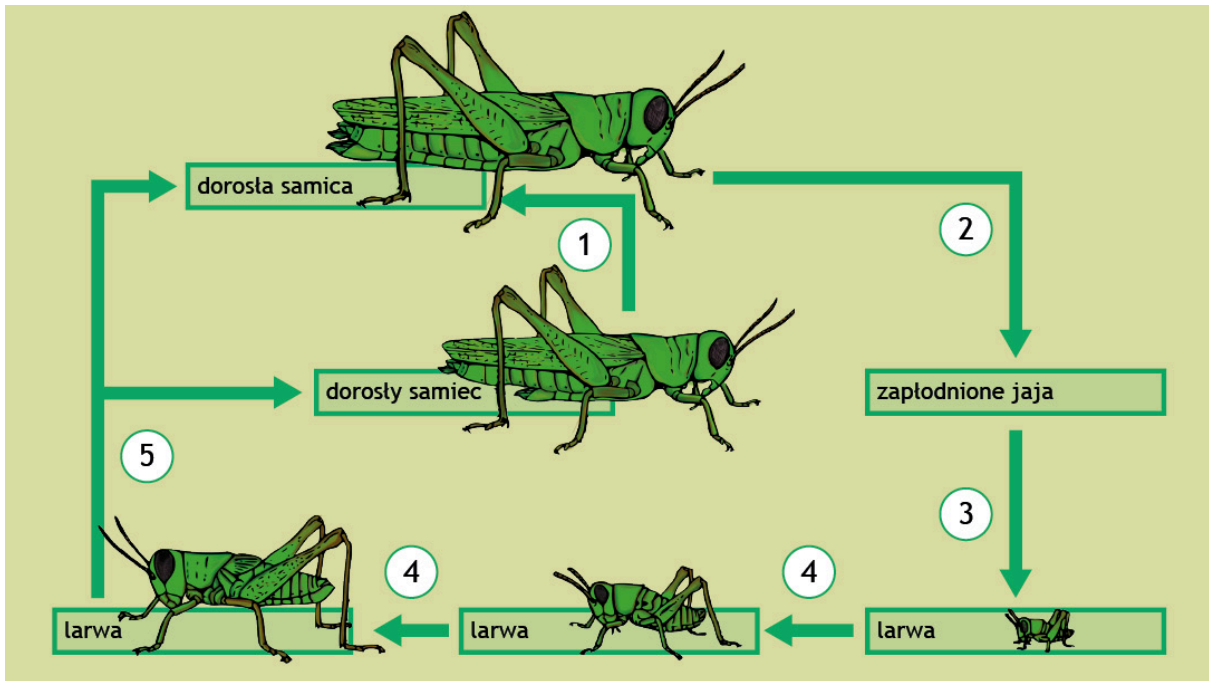
Cykl rozwojowy krążkopławów na ogół ma postać **przemiany pokoleń** - naprzemiennego występowania osobników rozmnażających się płciowo (przez gamety) i bezpłciowo (przez podział). Przykładem takiego organizmu jest chełbia modra.



### Przemiana pokoleń chełbi modrej

1. Komórki rozrodcze wydostają się do wody. Następuje zapłodnienie.
2. Z zygoty wylęga się niewielka orzęsiona larwa, która swobodnie unosi się w wodzie.
3. Larwa osiada na dnie i po przytwierdzeniu do podłoża przekształca się w młody polip.
4. Polip rośnie i po pewnym czasie zaczyna się dzielić poprzecznie. Powstają „spodeczki” młodych meduz.
5. Młode meduzy stopniowo odrywają się od polipa.
6. Młode meduzy rosną i osiągają dojrzałość płciową.

Rozwój złożony owadów może zachodzić z przeobrażeniem niezupełnym albo z przeobrażeniem zupełnym. Larwy owadów przechodzących **przeobrażenie niezupełne** przypominają wyglądem osobniki dorosłe (są jednak od nich mniejsze i nie mają czynnego układu rozrodczego ani skrzydeł). Przykładami są: ważki, pasikoniki, szarańcza wędrowna i wesz ludzka.

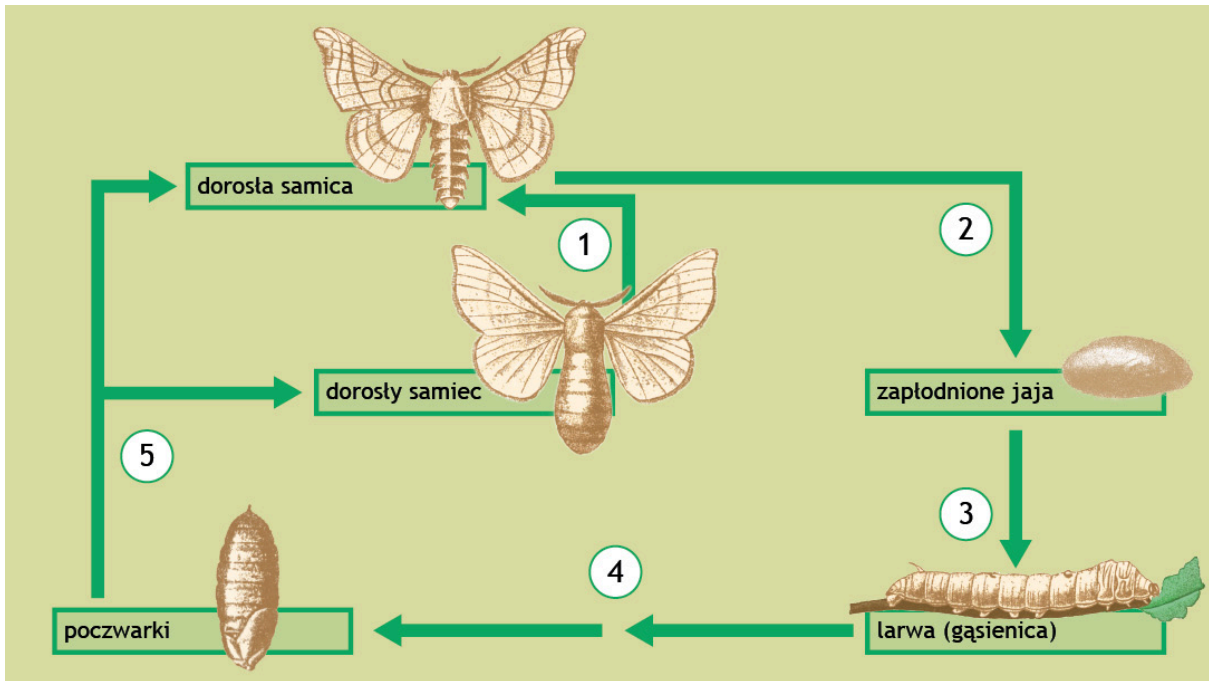


Rozwój złożony na przykładzie pasikonika (przeobrażenie niezupełne)

1. Samiec zapładnia samicę (zapłodnienie jest wewnętrzne, jak u innych owadów).
2. Samica składa kilkadziesiąt jaj, które zimują w glebie.
3. Wiosną z jaj wykluwają się larwy wyglądem przypominające osobniki dorosłe (nie mają jednak skrzydeł, a ich układ rozrodczy jest słabo rozwinięty).
4. Podczas kolejnych linień larwy skokowo rosną i stają się coraz bardziej podobne do osobników dorosłych.
5. Po ostatniej wylince dorosłe osobniki są zdolne do lotu i do rozmnażania się.

**Larwy** owadów z **przeobrażeniem zupełnym** wcale nie przypominają osobników dorosłych, na przykład gąsienica – larwa motyli, pędrak – larwa chrząszczy i czerw – larwa muchy domowej. Ponadto w rozwoju z przeobrażeniem zupełnym występuje stadium **poczwarki**. Poczwarka nie pobiera pożywienia i zwykle jest nieruchoma. W stadium poczwarki prawie wszystkie narządy owada ulegają całkowitej przebudowie.





Rozwój złożony na przykładzie motyla (przeobrażenie zupełne)

1. Samica zostaje zapłodniona przez samca (zapłodnienie jest wewnętrzne, jak u wszystkich owadów).
2. Samica składa zapłodnione jaja na spodniej stronie liści morwy.
3. Z jaj wykluwają się gąsienice, różniące się od postaci dorosłej zarówno budową, jak i trybem życia (nie mają skrzydeł, są robakowatego kształtu, mają aparat gębowy typu gryzącego, żerują na liściach).
4. Gąsienice rosną, liniejąc kilka razy.
5. Po okresie wzrostu gąsienice przekształcają się w poczwarki. Jest to stadium spoczynkowe. W tym czasie owad nie pobiera pożywienia, a jego tkanki ulegają zasadniczej przebudowie. Poczwarki owinięte są długimi, jedwabnymi nićmi tworzącymi charakterystyczny kokon.
6. Z poczwarki wydostaje się dorosły motyl. Jego skrzydła w ciągu kilku godzin rozciągają się i twardnieją, umożliwiając latanie.

**Uwaga:** zauważ, że rozwój pasikonika i jedwabnika morwowego pokazują, że rozmnażanie owadów jest doskonale przystosowane do warunków środowiska lądowego.

## 6.5. Cykle rozwojowe kręgowców

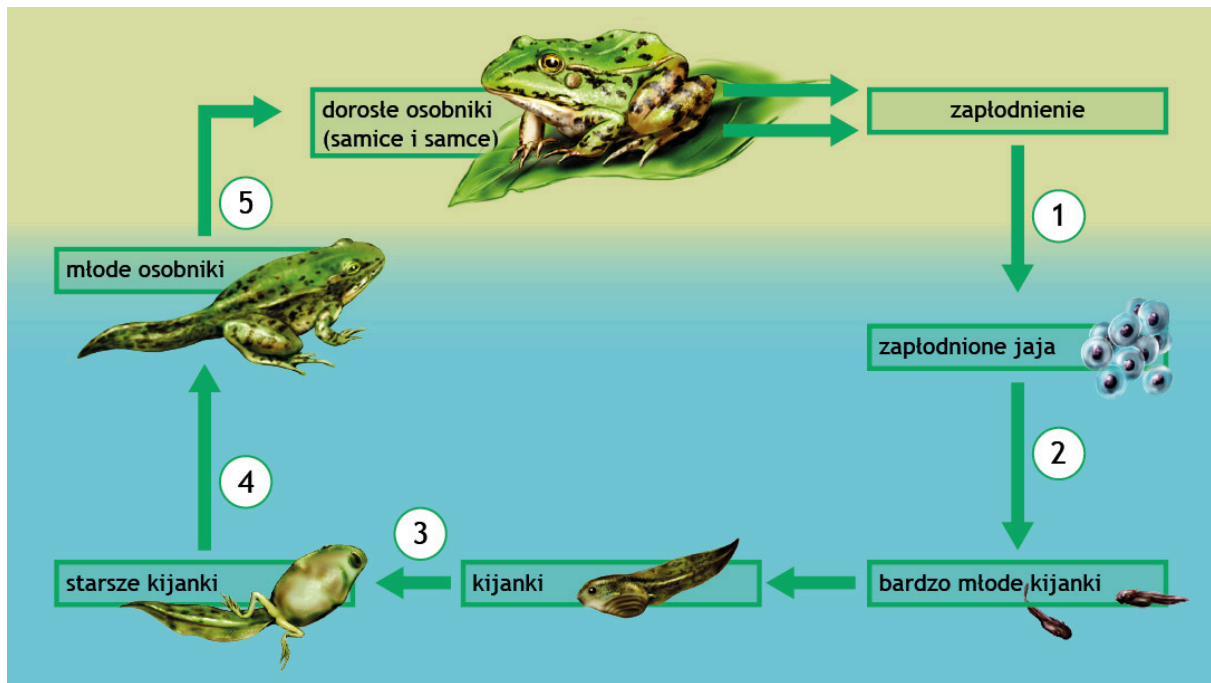
Okres godowy ryb to **tarło**. Wiele gatunków, jak choćby węgorz europejski, odbywa dalekie wędrówki na tarliska (miejsca odbywania się tarła). W wypadku większości ryb zapłodnienie jest zewnętrzne, a w

rozwoju występuje larwa. Takie gatunki jak ciernik, pyszczaki czy pławikoniki (koniki morskie) opiekują się potomstwem.



#### Wędrówki węgorza europejskiego

Płazy rozmnażają się w wodzie. Samica składa jaja do wody. Zapłodnienie jest zewnętrzne. Z zapłodnionego jaja w wodzie rozwija się skrzelodyszna larwa. Rosnąca larwa ulega przeobrażeniu – traci skrzela i ogon (u płazów bezogonowych). Rozwijają się natomiast płuca oraz kończyny kroczone. Ta **metamorfoza** prowadzi do powstania osobnika dorosłego zdolnego do rozrodu.

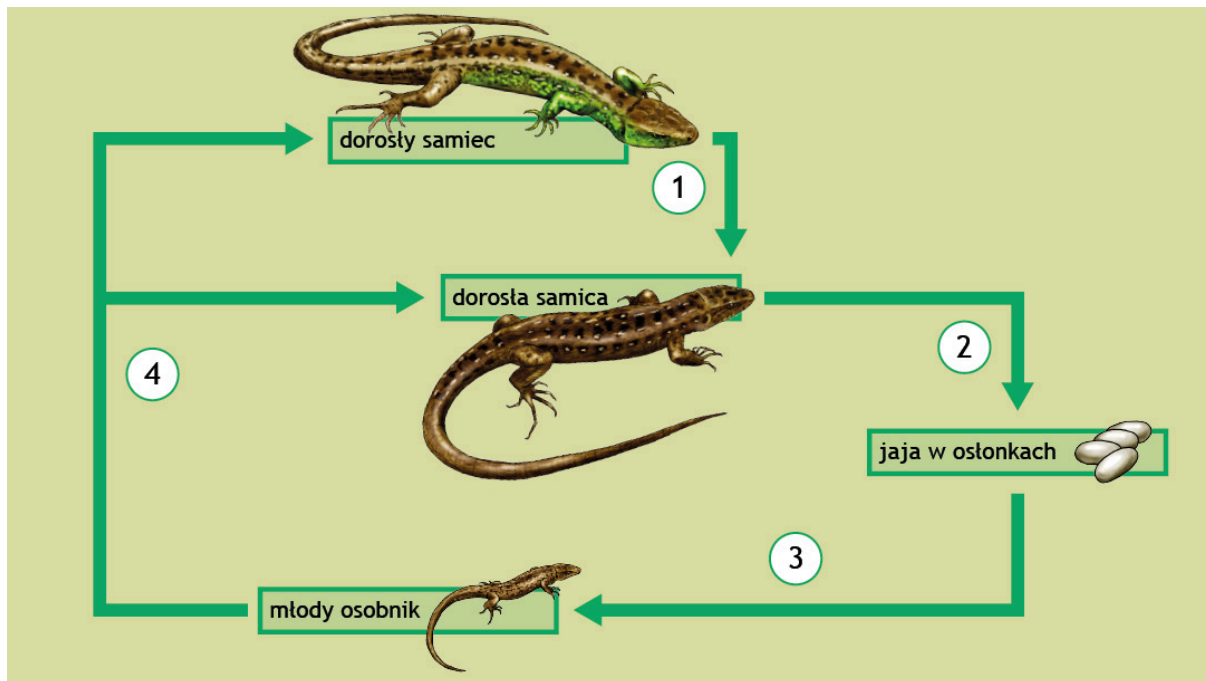


### Cykl rozwojowy żaby

1. Zapłodnienie zewnętrzne: złożone przez samicę do wody jaja (skrzek) samiec polewa płynem zawierającym plemniki.
2. Z zapłodnionych jaj wylęgają się kijanki. Kijanki są larwami zupełnie niepodobnymi do osobników dorosłych (mają skrzela i ogon, nie mają kończyn i odżywiają się pokarmem roślinnym).
3. U nieco starszych kijanek rozwijają się kończyny tylne. Korpus ma charakterystyczny baryłkowaty kształt.
4. Dalszy rozwój prowadzi do zaniku skrzeli, rozwijają się płuca i kończyny przednie. Ogon stopniowo zanika.
5. Młode żaby wychodzą na ląd, ale pozostają w pobliżu zbiorników wodnych.

**Uwaga:** Całość przemiany kijanki (larwy) w dorosłą żabę jest metamorfozą!

Jak już wiesz, wszystkie owodniowce przechodzą rozwój prosty. Rozmnażają się na lądzie, ale niektóre także w wodzie.



### Rozwój prosty jaszczurki

1. Samiec zapładnia samicę (zapłodnienie jest wewnętrzne).
2. Samica wygrzebuje w ziemi jamkę, w której składa jaja w skórzastych osłonach. Zarodki rozwijają się w obrębie błon płodowych.
3. Po około 6 tygodniach z jaj wykluwają się młode jaszczurki, które są podobne do rodziców. Samica nie opiekuje się młodymi.
4. Młode jaszczurki stopniowo rosną i rozwijają się aż do osiągnięcia dojrzałości płciowej.

## 6.6. Podsumowanie

1. Rozmnażanie bezpłciowe przebiega bez udziału komórek rozrodczych, a pod względem genetycznym osobniki potomne nie różnią się od organizmu macierzystego. Bezpłciowo rozmnażają się na przykład gąbki, parzydełkowce (przez pączkowanie). Parzydełkowce oraz niektóre płazińce, pierścienice i rozgwiazdy odbudowują swoje ciała z utraconych fragmentów (regeneracja, podział).

2. Rozmnażanie płciowe polega na łączeniu się gamet męskich (plemników) i żeńskich (komórek jajowych). Proces łączenia się obu gamet nazywamy zapłodnieniem, a nowo powstałą komórkę – zygota. Z zygoty rozwija się organizm potomny dziedziczący cechy organizmów macierzystych.

3. Zwierzęta są zazwyczaj rozdzielнопłciowe. Tylko niektóre są



obojnakami, na przykład tasienice, dżdżownice, ślimaki. Samozapłodnienie u obojnaków występuje rzadko, najczęściej zachodzi zapłodnienie krzyżowe.

4. Zapłodnienie może być zewnętrzne lub wewnętrzne. Zapłodnienie wewnętrzne następuje w drogach rodnych samicy i jest charakterystyczne dla zwierząt lądowych.

5. Wyróżnia się dwa typy rozwoju zarodkowego zwierząt: prosty oraz złożony. W rozwoju złożonym występuje postać larwalna, często niepodobna do rodziców, która ulega przeobrażeniom prowadzącym do powstania formy dorosłej. U większości owadów poza larwą występuje stadium poczwarki. Dopiero z poczwarki rozwija się dojrzała postać owada (przeobrażenie zupełne).

6. Wśród kręgowców rozwój złożony przechodzą płazy i część ryb. Larwa płazów bezogonowych – kijanka – ma wiele cech ryb. Pozostałe kręgowce cechuje rozwój prosty. Może on zachodzić w wodzie (ryby), w jajach (gady i ptaki) lub w macicy (większość ssaków).

7. Kręgowce lądowe (gady, ptaki, ssaki) uniezależniły swój rozwój od wody, wytwarzając błony płodowe: owodnię, omocznę i kosmówkę, toteż zalicza się je do owodniowców.

8. U ssaków łożyskowych rozwój embrionalny odbywa się w macicy. Łączność zarodka z macicą matki możliwa jest dzięki łożysku (część kosmówki połączona z macicą) i pępowinie. Ciąża ssaków łożyskowych kończy się porodem.

## 7. Panel kontrolny Rozdziału VIII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu VIII (na [www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

### 7.1. Polecenia kontrolne

#### Polecenia do lekcji 1. Odżywianie się

1. Wyjaśnij znaczenie terminu: organizm cudzożywny.
2. Porównaj trawienie wewnątrzkomórkowe z trawieniem zewnątrzkomórkowym oraz podaj odpowiednie przykłady zwierząt.
3. Wymień główne składniki pokarmowe zwierząt oraz sklasyfikuj te składniki pod względem budowy chemicznej i pełnionych funkcji.
4. Przedstaw i podaj przykłady specjalizacji w budowie układu pokarmowego związane z rodzajem pobieranego pokarmu.
5. Wyjaśnij, dlaczego przeżuwacze mogą trawić celulozę.

#### Polecenia do lekcji 2. Wymiana gazowa

1. Wyjaśnij znaczenie terminów: oddychanie tlenowe, oddychanie beztlenowe, wymiana gazowa, dyfuzja gazów oddechowych.
2. Wymień przykłady grup zwierząt, u których wymiana gazowa odbywa się całą powierzchnią ciała.
3. Wymień i scharakteryzuj budowę narządów wymiany gazowej organizmów wodnych i lądowych.
4. Opracuj graf ilustrujący budowę układu oddechowego kręgowców lądowych.
5. Porównaj budowę układu oddechowego płazów, gadów, ptaków i ssaków.

#### Polecenia do lekcji 3. Transport substancji

1. Wytlumacz, na czym polega transport daleki i transport bliski.
2. Wymień funkcje układu krążenia u zwierząt.
3. Wymień grupy zwierząt niemających układu krwionośnego.
4. Wykaż różnice w budowie układu krwionośnego otwartego i zamkniętego oraz wymień przykłady bezkręgowców mających takie układy.

5. Porównaj budowę serca i układu krążenia kręgowców, następnie opracuj proste schematy krążenia krwi.

#### **Polecenia do lekcji 4. Ruch**

1. Wymień przykłady reakcji ruchowych zwierząt osiadłych i mających zdolność przemieszczania się. Następnie wyjaśnij biologiczne znaczenie tych ruchów.

2. Wyjaśnij, w jaki sposób zwierzęta wodne przystosowały się do pokonywania oporu wody.

3. Porównaj techniki lokomocji bezkręgowców i przedstaw kierunki doskonalenia tych technik.

4. Wymień zasadnicze elementy układu ruchu kręgowców.

5. Narysuj schemat poglądowy przedstawiający ogólną strukturę biernej części układu ruchu kręgowców lądowych.

6. Wyjaśnij, w jaki sposób zmiany w budowie układu ruchu wpłynęły na jego sprawność u kręgowców.

#### **Polecenia do lekcji 5. Reagowanie na bodźce**

1. Wyjaśnij, czym jest bodziec i wymień przykłady bodźców zewnętrznych.

2. Wymień przykłady różnych rodzajów receptorów.

3. Porównaj budowę układu nerwowego stułbi, wypławka i konika polnego.

4. Narysuj prosty schemat przedstawiający ogólną strukturę układu nerwowego kręgowców.

5. Przedstaw budowę mózgowia kręgowców i wymień kierunki jego rozwoju u kręgowców.

#### **Polecenia do lekcji 6. Rozmnażanie się**

1. Wymień rodzaje rozmnażania bezpłciowego oraz wymień gatunki zwierząt, u których ono zachodzi.

2. Wyjaśnij, na czym polega rozmnażanie płciowe.

3. Porównaj rozmnażanie bezpłciowe z płciowym.

4. Porównaj typy zapłodnienia zachodzącego u kręgowców oraz wskaż miejsca rozwoju zarodkowego.

## 7.2. Ważne pojęcia

• trawienie: wewnątrzkomórkowe i zewnątrzkomórkowe • składniki pokarmowe: budulcowe, energetyczne, regulacyjne • układ pokarmowy • przewód pokarmowy (odcinki) • gruczoły trawienne • wymiana gazowa • dyfuzja gazów oddechowych • narządy wymiany gazowej: skrzela, tchawki, płucotchawki, płuca • mięśnie międzyżebrowe • wentylacja płuc • układ krążenia: serce, naczynia krwionośne (tętnice, żyły, naczynia włosowate) • pobudliwość • bodziec • receptor • efektor • układ nerwowy: rozproszony, pasmowy, drabinkowy • ośrodkowy układ nerwowy (mózgowie, rdzeń kręgowy) • obwodowy układ nerwowy (nerwy czaszkowe, rdzeniowe) • pączkowanie • fragmentacja • gonady • gamety • rozwój prosty • rozwój złożony • przeobrażenie niezupełne i zupełne • rozdzielnopłciowość • obojnactwo • zapłodnienie zewnętrzne i wewnętrzne • ikra • tarło • skrzek • błony płodowe

## System do nauki biologii online (LMS)

 jeszcze więcej grafik i zdjęć

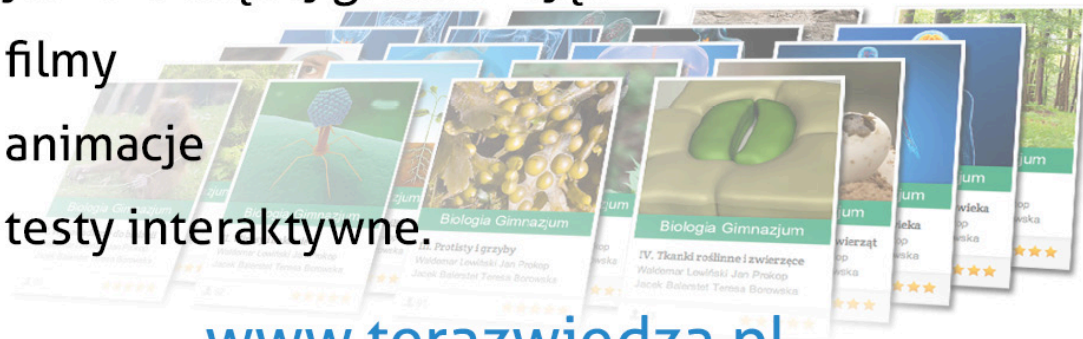
 filmy

 animacje

 testy interaktywne.

[www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)

Sprawdź już teraz!





# BIOLOGIA

LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE  
pod redakcją Waldemara Lewińskiego

PIERWSZE E-PODRĘCZNIKI

JUŻ NIEDŁUGO

DOSTĘPNE W SIECI



| smartfon | tablet | komputer |

# Agencje fotograficzne: zdjęcia, grafiki i filmy

© Accent/Fotolia.com © Ackley Road Photos/Fotolia.com © alexonline/Fotolia.com © Alx/Fotolia.com © John Anderson/Fotolia.com © FLORIAN ANDRONACHE/Fotolia.com © Yuri Arcurs/Fotolia.com © arenysam/Fotolia.com © Ariusz/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © john Barber/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © BlueOrange Studio/Fotolia.com © Iain Boyd/Fotolia.com © James Bradshaw/Fotolia.com © Alex Bramwell/Fotolia.com © Thomas Brandt/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Richard Carey/Fotolia.com © gavin Chapman/Fotolia.com © chuc.de/Fotolia.com © daniel cordonnier/Fotolia.com © cphoto/Fotolia.com © cris13/Fotolia.com © crisod/Fotolia.com © cristi180884/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © dabjola/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Roman Dekan © Garry DeLong/Fotolia.com © serge dherin/Fotolia.com © DirkR/Fotolia.com © Dmitry/Fotolia.com © Dob's Farm/Fotolia.com © eblue/Fotolia.com © EcoView/Fotolia.com © eichnersmith/Fotolia.com © emer/Fotolia.com © epantha/Fotolia.com © Ericos/Fotolia.com © ewanc/Fotolia.com © fafoutis/Fotolia.com © susan flashman/Fotolia.com © Bert Folsom/Fotolia.com © Fotografik/Fotolia.com © Fotoskat/Fotolia.com © Vladislav Gajic/Fotolia.com © Áment Gellért/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © Yaroslav Gnatuk/Fotolia.com © Regis Gontier/Fotolia.com © GraphicHead/Fotolia.com © Tatiana Grozetskaya/Fotolia.com © GWH/Fotolia.com © haemengine/Fotolia.com © Ronnie Howard/Fotolia.com © Attila Huszti/Fotolia.com © Tim HvW/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © iMAGINE/Fotolia.com © ItinerantLens/Fotolia.com © ixvor/Fotolia.com © jespel/Fotolia.com © jscalev/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © JYF/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Cathy Keifer/Fotolia.com © Trevor Kelly/Fotolia.com © Kelpfish/Fotolia.com © Katrin Koller/Fotolia.com © ktsdesign/Fotolia.com © Kaido Kärner/Fotolia.com © LaChinita/Fotolia.com © leafy/Fotolia.com © David Lefort/Fotolia.com © lioneldivepix/Fotolia.com © MAL

TAYLOR/Fotolia.com © Kev Maltese-Crottier/Fotolia.com © Petr Mašek/Fotolia.com © milosluz/Fotolia.com © Evgeniy Mitroshkin/Fotolia.com © Mopic/Fotolia.com © Nemo1024/Fotolia.com © Kai Michael Neuhold/Fotolia.com © NIK/Fotolia.com © Duncan Noakes/Fotolia.com © ostromec/Fotolia.com © outdoorsman/Fotolia.com © claudiu paizan/Fotolia.com © Luc PATUREAU/Fotolia.com © piai/Fotolia.com © Natalia Pavlova/Fotolia.com © Edyta Pawlowska/Fotolia.com © Paylessimages/Fotolia.com © peterka/Fotolia.com © Uros Petrovic/Fotolia.com © Michael Pettigrew/Fotolia.com © Geoff Pickering/Fotolia.com © thierry planche/Fotolia.com © Reena/Fotolia.com © Richard30d/Fotolia.com © Dave Riganelli/Fotolia.com © RKPHOTO/Fotolia.com © Pascal Rocha/Fotolia.com © Rodionov/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © Dmitry Rukhlenko/Fotolia.com © John Sandoy/Fotolia.com © Markus Schmid/Fotolia.com © Carola Schubbel/Fotolia.com © Ian Scott/Fotolia.com © sergeM/Fotolia.com © Roman Shiyanov/Fotolia.com © siloto/Fotolia.com © Natalia Sinjushina/Fotolia.com © Serj Siz'kov/Fotolia.com © Sam Slade/Fotolia.com © Carolina K Smith MD/Fotolia.com © Becky Stares/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © Studiotouch/Fotolia.com © svl861/Fotolia.com © sykors/Fotolia.co © Daniel Tackley/Fotolia.com © Régine TEMAM/Fotolia.com © Raymond Thill/Fotolia.com © Tramper2/Fotolia.com © Nicola Vernizzi/Fotolia.com © Weltenbummler/Fotolia.com © S.White/Fotolia.com © Aaron Whitney/Fotolia.com © willtu/Fotolia.com © Hartmut Wolf/Fotolia.com © yxowert/Fotolia.com © zampa/Fotolia.com © A. Zaytsev/Fotolia.com © Dušan Zidar/Fotolia.com © zobeedy/Fotolia.com © Wolfgang Zwicknagl/Fotolia.com © Andrzej/Fotolia.com © Angel\_a/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © Arsha/Fotolia.com © artsocks/Fotolia.com © Svetlana Batura/Fotolia.com © Katrina Brown/Fotolia.com © Cekur/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © laurent dambies/Fotolia.com © Mikael Damkier/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Dom A/Fotolia.com © endostock/Fotolia.com © EastWest Imaging/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © godfer/Fotolia.com © Ivan Grlic/Fotolia.com © grimplet/Fotolia.com © Ivan Hafizov/Fotolia.com © Irata/Fotolia.com © JANULLA/Fotolia.com ©

javarman/Fotolia.com © Doctor Kan/Fotolia.com © Irina  
Karlova/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com ©  
kelleyjoy/Fotolia.com © Michael Kempf/Fotolia.com ©  
lightpoet/Fotolia.com © LightScribe/Fotolia.com © Taras  
Livvy/Fotolia.com © luxpainter/Fotolia.com © loic GESTIN/Fotolia.com ©  
Yahia LOUKKAL/Fotolia.com © Dominique LUZY/Fotolia.com © Roslen  
Mack/Fotolia.com © mangostock/Fotolia.com © Xavier  
MARCHANT/Fotolia.com © michelangelus/Fotolia.com ©  
motionstock/Fotolia.com © M&S Fotodesign/Fotolia.com ©  
Nomad\_Soul/Fotolia.com © nyul/Fotolia.com © Olga LIS/Fotolia.com ©  
OOZ/Fotolia.com © photka/Fotolia.com © Photosani/Fotolia.com ©  
picsfive/Fotolia.com © Andrejs Pidjass/Fotolia.com ©  
pressmaster/Fotolia.com © Dan Race/Fotolia.com © Warren  
Rosenberg/Fotolia.com © rusya m/Fotolia.com © spe/Fotolia.com © Artur  
Steinhagen/Fotolia.com © sumnersgraphicsinc/Fotolia.com ©  
Sveta/Fotolia.com © Stephen Sweet/Fotolia.com © S\_E/Fotolia.com ©  
Andrzej Tokarski/Fotolia.com © urosr/Fotolia.com © Jeremy  
Wee/Fotolia.com © Robin Williams/Fotolia.com © Magdalena  
Żurawska/Fotolia.com © Manuela Alcer/Fotolia.com © asmik/Fotolia.com  
© Martina Berg/Fotolia.com © Bergfee/Fotolia.com © Clément  
Billet/Fotolia.com © Martin BN/Fotolia.com © Aleksander  
Bolbot/Fotolia.com © Christian Bridgwater/Fotolia.com © Sascha  
Burkard/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Caméléon/Fotolia.com  
© cbpix/Fotolia.com © LoonChild/Fotolia.com © Matthew  
Cole/Fotolia.com © Eli Coory/Fotolia.com © corepics/Fotolia.com ©  
cpauschert/Fotolia.com © csourav/Fotolia.com © Les Cunliffe/Fotolia.com  
© Danicek/Fotolia.com © Philip Date/Fotolia.com © dmitriy/Fotolia.com  
© erectus/Fotolia.com © ermess/Fotolia.com © Flipper75/Fotolia.com ©  
Cate Frost/Fotolia.com © GOL/Fotolia.com © Michael Gray /Fotolia.com ©  
Eric Gevaert/Fotolia.com © Hedrus/Fotolia.com © lgunderson/Fotolia.com  
© Eric Isselée/Fotolia.com © JLV Image Works/Fotolia.com © Sven  
Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Hennie  
Kissling/Fotolia.com © Dmitriy Kosterev/Fotolia.com © Gernot  
Krautberger/Fotolia.com © krishnacreatations/Fotolia.com © Grigory  
Kubatyan/Fotolia.com © Tomasz Kubis/Fotolia.com © Kaido Kärner  
/Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © michael lueckett/Fotolia.com



© Winston Lue/Fotolia.com © Graham Maddrell /Fotolia.com© Thierry Maffeis/Fotolia.com© mattei/Fotolia.com© Ilja Mašík /Fotolia.com © Vladimir Melnikov/Fotolia.com © mrslevite/Fotolia.com © Pawel Nawrot/Fotolia.com © Derrick Neill/Fotolia.com © Claudia Newland/Fotolia.com © Tyler Olson/Fotolia.com © Andrew Orlemann/Fotolia.com © Jim Parkin/Fotolia.com © Philippe Perraud/Fotolia.com © pgm/Fotolia.com © photobar/Fotolia.com © Photofranck/Fotolia.com © Dmitry Pichugin/Fotolia.com© Lee Prince/Fotolia.com© Dariusz Pokus/Fotolia.com © Alexander Potapov/Fotolia.com © PSHAW-PHOTO/Fotolia.com © Celso Pupo/Fotolia.com © redrex/Fotolia.com © Norton Russell/Fotolia.com © Carlos Santa Maria/Fotolia.com © Leonid Smirnov/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © Lee Torrens/Fotolia.com © Valcho/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Valery Vasilev/Fotolia.com © Ana Vasileva/Fotolia.com© Uwe Wittbrock/Fotolia.com © Serg Zastavkin/Fotolia.com © V. ZHURAVLEV/Fotolia.com © Oleg Znamenskiy/Fotolia.com © Zolran/Fotolia.com © 2roxfox/Fotolia.com Aristotle Altemps Inv8575 (Wiki, PD, Ludovisi Collection) © Vesalius De humani corporis fabrica (Wiki, PD, prawa wygasły) © Linneusz Systema Naturae (Wiki, PD, prawa wygasły) © Escherichia coli NIAID (Wiki, PD, autor Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH) © 659px-Haeckel arbol bn (Wiki, PD, prawa wygasły) © 3-14 University of Texas (zgoda na wykorzystanie) © HIV-1 Transmission electron micrograph AIDS02bbb\_lores (Wiki, PD, autor PD-USGov-HHS-CDC) © Streptococcus pneumoniae (Wiki, PD-USGov-HHS-CDC, autor Janice Carr) © Trypanosoma sp. PHIL\_613\_lores (Wiki, PD, autor CDC Dr Myron G Schultz) © Asteroxylon (XfrogPlants PREHISTORIC) © Mvey0290 (Wiki, PD, NOAA USA GOV) © Portuguese Man-O-War (Physalia\_physalis) (Wiki, PD, autor US Gov Noaa - PD) © Montastraea cavernosa (Wiki, PD, NOaA) © Acropora pulchra (Wiki, uznanie autora Robert Kok) © Montastrea cavernosa (Wiki, PD, U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration) © Fasciola hepatica2 (Wiki, PD, autor Adam Cuerden) © Schistosoma\_20041-300 (Wiki, copy free PD, autor David Williams Illinois State University) © Enlarged c elegans (Wiki, PD, autor National Human Genome Research Institute) © Cykada Delfy w lipcu 2013 (M. Makowska, zgoda na publikację) © Loch

Shin adder (Wiki, PD, autor Highlandtiercel) © Silkworm 01 (Wiki, PD, prawa wygasly The Century Dictionary and Cyclopedia 1913) © Herpes simplex virus TEM\_B82-0474\_lores (Wiki, PD, CDC Dr Erskine Palmer) © Sicklecels (Wiki, PD, USGov NIDDK) © Golden Rice (Wiki uznanie autorstwa International Rice Research Institute (IRRI))